

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA

ASSOCIAÇÃO ENTRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL E A FORÇA
MUSCULAR EM ATLETAS NA PÓS-CARREIRA

Dissertação elaborada com vista à obtenção do grau de Mestre na especialidade de
Exercício e Saúde

Orientador: Professora Doutora Analiza Mónica Lopes Almeida Silva

Júri:

Presidente: Professora Doutora Ana Catarina Francisco Nunes Matias

Vogais: Professora Doutora Analiza Mónica Lopes Almeida Silva

Professora Doutora Joana Filipa de Jesus Reis

João Pedro Pio Joaquim

2019

AGRADECIMENTOS

Professora Doutora Analiza Mónica Silva, por ter aceitado o convite para ser minha orientadora. Grato pela oportunidade de beneficiar da sua competência científica e disponibilidade para a elaboração da presente dissertação. Muito obrigado!

Catarina Nunes, não só pelo seu apoio e disponibilidade constante para responder às minhas dúvidas, como também pelo fornecimento dos dados relativos ao projeto Champ4life.

A todas as pessoas envolvidas no projeto Champ4life, tanto aos atletas na pós-carreira como à equipa que contribuiu para a aplicação do estudo, sem o esforço de todos nada disto seria possível.

A todos os meus colegas da FMH, fizeram com que a minha estadia nesta aventura por terras Lisboetas fosse gratificante, em especial ao Cristiano Joaquim, João Nobre e Zé Jeremias, o meu muito obrigado por todos os bons momentos passados.

À Cristina e ao José, por toda a paciência que tiveram com “o vosso filho favorito”, sem os vossos ensinamentos eu não seria a pessoa que sou hoje. Um obrigado não chega, tudo na minha vida o devo a vocês!

À Nana e ao Nando, aprendi com cada um de vocês valores muito importantes para a minha vida futura. A força de nunca desistir dos nossos sonhos, independentemente de todas as pedras que possam aparecer no nosso caminho. Obrigado! Sempre aqui para vocês.

A toda a minha restante família, em terra e no céu, sem vocês este caminho certamente não seria o mesmo.

Por último, mas não menos importante, dedico à minha Ana Patrícia. A ti te devo a conclusão desta etapa, por me conseguires fazer ver que, sem trabalho, as vitórias não aparecem do nada. Por todo o amor dado, pelas dores de cabeça de me aturares, pela força de nunca me deixares desistir, pelo carinho nos maus momentos e, sobretudo, por seres quem és para mim. Muito obrigado!

RESUMO

Os atletas na pós-carreira representam um grupo de pessoas pouco estudadas que alteraram o estilo de vida após o final da carreira desportiva adotando menos atividade física e traduzindo-se num eventual declínio da aptidão física e força muscular.

Objetivo: Os objetivos da presente dissertação conduzida num grupo de homens e mulheres atletas na pós-carreira, com excesso de peso/obesidade e inativos incluem: a) caracterizar a qualidade muscular; b) analisar associações entre a composição corporal ao nível molecular, tecidual e de corpo inteiro com a força muscular dos membros inferiores e superiores.

Métodos: Foram avaliadas 91 atletas na pós-carreira inativos e com sobrecarga ponderal, de ambos os sexos ($43,2 \pm 9,5$ anos; Índice de Massa Corporal (IMC): $31,0 \pm 4,0$ kg). A qualidade muscular foi determinada com valores de testes de força muscular e o tecido muscular, segundo o modelo de Barbat-Artigas. A Absorção Radiológica de Dupla Energia (DXA) foi usada para determinar as variáveis da componente molecular e, através das mesmas, componentes do nível tecidual. Os valores das medidas de corpo inteiro foram retirados através da antropometria. Também foi realizada uma correlação simples entre os diferentes métodos de composição corporal e a força e, posteriormente, uma correlação parcial ajustada à idade e IMC com as mesmas variáveis.

Resultados: A qualidade muscular da amostra total relativamente ao braço direito apresenta valores fracos/muito fracos em cerca de 31%. Observou-se uma associação positiva em ambos os géneros entre a força de preensão manual com as variáveis de Massa Isenta de Gordura (MIG) total e regional, Massa Isenta de Gordura e Osso (MIGO) total e regional. As variáveis de Conteúdo Mineral Ósseo (CMO) total e regional apresentam uma forte relação com ambos os testes de força no género masculino.

Conclusão: Esta dissertação revelou que os atletas na pós-carreira com excesso de peso/obesidade e inativos, 31% apresentam uma qualidade muscular dos membros superiores fraca a muito fraca. Adicionalmente os nossos resultados mostram que neste grupo populacional, quem apresenta valores mais altos de MIG e MIGO total e regional e de tecido muscular, maior é força muscular dos membros superiores e inferiores em homens e mulheres na pós-carreira.

Palavras-chave: Atletas na pós-carreira; Qualidade muscular; Obesidade; Força máxima de preensão; Força membros inferiores; Composição corporal; DXA; BIS; Antropometria; Índice Qualidade Muscular.

ABSTRACT

Former athletes represent a group of poorly studied people who changed their lifestyle after the end of their sports career by adopting less physical activity and translating into a possible decline in physical fitness and muscle strength.

Objective: The objectives of the present dissertation conducted in a group of post-career, overweight / obese and inactive athletes men and women include: a) characterizing muscle quality; b) analyze associations between body composition at molecular, tissue and whole body level with the muscle strength of the lower and upper limbs.

Methods: Ninety-one inactive and overweight athletes of both genders (43.2 ± 9.5 years; Body Mass Index (BMI): 31.0 ± 4.0 kg) were evaluated. Muscle quality was determined with values of muscle strength tests and muscle tissue, according to the Barbat-Artigas model. Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) was used to determine the molecular component variables and, through them, tissue level components. The values of the whole body measurements were taken through anthropometry. A simple correlation was also performed between the different body composition methods and strength, and subsequently an age-adjusted partial correlation and BMI with the same variables.

Results: The muscle quality of the total sample relative to the right arm has weak / very weak values of about 31%. A positive association was observed in both genders between handgrip force and both total and regional Fat Free Mass (FFM) and Fat and Bone Free Mass (FBFM). The total and regional Bone Mineral Content (BMC) variables are strongly related to both strength tests in males.

Conclusion: This dissertation revealed that in the post-career overweight / obese and inactive athletes, 31% have poor to very poor upper limb muscle quality. Additionally, our results show that in this population group, the one with the highest values of total and regional FFM and FBFM and muscle tissue, higher is the upper and lower limb muscle strength in men and women in the post career.

Keywords: Post-career athletes; Muscle quality; Obesity; Maximum grip strength; Strength lower limbs; Body composition; DXA; BIS; Anthropometry; Muscle Quality Index.

Índice

Índice de figuras	x
Índice de tabelas.....	xi
Lista de abreviaturas.....	xiii
1. Introdução.....	16
2. Revisão de Literatura.....	19
2.1. Epidemiologia da obesidade a nível global e a sua prevalência em atletas pós-carreira.....	19
2.2. Força e qualidade muscular.....	22
2.3. Relevância da composição corporal	24
2.4. Avaliações da composição corporal.....	26
2.3.1. Técnica imagiológica de nível molecular- DXA.....	26
2.3.2. Técnica do nível corpo inteiro	27
2.5. Pertinência de estudo e objetivos	30
3. Metodologia	31
3.1. Desenho do estudo	31
3.4. Amostra.....	32
3.5. Instrumentos e procedimentos	33
3.6. Procedimento	34
3.6.1. Avaliação antropométrica.....	34
3.6.2. Avaliação da Composição Corporal	36
3.6.3. Avaliação da Força Muscular	38
3.6.4. Análise estatística	39
4. Resultados.....	40
4.1. Caracterização da amostra	41
4.2. Descrição da qualidade muscular da amostra	44
4.3. Associação entre a composição corporal dos níveis molecular, tecidual e de corpo inteiro com a força	45
5. Discussão	51
6. Conclusão.....	54
7. Bibliografia.....	55

Índice de figuras

Figura 1- População com excesso de peso e obesidade por país	20
Figura 2-Representação dos cinco níveis da composição corporal humana	25
Figura 3- Esquema de colocação dos elétrodos injetores (I) e recetores (V) na mão e pé direitos para medições através de bioimpedância.....	37
Figura 4- Critério de qualidade muscular no sexo feminino.....	39
Figura 5- Critério de qualidade muscular no sexo masculino	39

Índice de tabelas

Tabela 1- Caraterização da amostra.....	41
Tabela 2- Caraterização da amostra ao nível molecular	42
Tabela 3- Caraterização da amostra ao nível tecidular e de corpo inteiro	43
Tabela 4- Critério de Qualidade Muscular discriminado	45
Tabela 5- Correlação entre os métodos de componente molecular com a Força.....	47
Tabela 6- Correlação entre os métodos tecidulares e de corpo inteiro com a Força ...	48
Tabela 7-Correlação parcial ajustada à Idade e IMC entre os Métodos de Componente Molecular com a Força	49
Tabela 8-Correlação parcial ajustada à Idade e IMC entre os Métodos Tecidulares e de Corpo Inteiro com a Força	50

Lista de abreviaturas

ACT – Água Corporal Total

AF- Atividade Física

BIS - Bioimpedância Espectral

CC – Composição Corporal

CMO – Conteúdo Mineral Ósseo

CMObd – Conteúdo Mineral Ósseo do Braço Direito

CMOmi – Conteúdo Mineral Ósseo dos Membros Inferiores

Cp - Coeficiente de Correlação de Pearson

CV - Coeficiente de Variação

DP - Desvio Padrão

DXA – Absorção Radiológica de Dupla Energia

IMC - Índice de Massa Corporal

IQM – Índice de Qualidade Muscular

MC – Massa Corporal

MG - Massa Gorda

MGbd – Massa Gorda do Braço Direito

MGmi- Massa Gorda dos Membros Inferiores

MIG - Massa Isenta de Gordura

MIGBd - Massa Isenta de Gordura do Braço Direito

MIGmi - Massa Isenta de Gordura dos Membros Inferiores

MIGO – Massa Isenta de Gordura e Osso

MIGOopen – Massa Isenta de Gordura e Osso Apendicular

MIGObd – Massa Isenta de Gordura e Osso do Braço Direito

MIGOmi – Massa Isenta de Gordura e Osso dos Membros Inferiores

MM – Massa Muscular

OMS- Organização Mundial da Saúde

P.A- Perímetro Ajustado

QM – Qualidade Muscular

R – Resistência

1. Introdução

A obesidade está a aumentar em todo o mundo, incrementando o risco de desenvolver doenças cardiovasculares, diabetes mellitus e certas formas de cancro, levando ao aumento da mortalidade em geral (Gurevich-Panigrahi, Panigrahi, Wiechec, & Los, 2009). Caso esta tendência continue, a obesidade global irá abranger 18% do sexo masculino e ultrapassará os 21% nas mulheres no ano de 2025 (Lancet, 2016). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), Portugal é um dos países com maior percentagem de população com excesso de peso/obesidade (WHO, 2016). Dados do relatório da Direção-Geral da Saúde (DGS) apontam para a existência de cerca 3,5 milhões de adultos em Portugal com excesso de peso e 1 milhão a sofrer de obesidade. Estes dados revelam a assinalável prevalência de excesso de peso/obesidade na sociedade portuguesa, que apresenta implicações adversas na saúde pública, em Portugal.

A prevenção e o tratamento da obesidade geralmente são feitos através de intervenções no estilo de vida com o objetivo de aumentar a atividade física (AF) e redução do consumo de energia (CE), sendo reconhecidas como abordagens não farmacológicas (Gurevich-Panigrahi et al., 2009). Existe imensa literatura quanto ao efeito que estas intervenções têm no estilo de vida visando indivíduos com sobrepeso e obesidade (Felix & West, 2013; Ma et al., 2017; Mameli et al., 2017). É preciso perceber que estas intervenções para além de aumentar a esperança média de vida, o seu tratamento envolve custos substanciais de cuidados de saúde (S. Barbat-Artigas, Rolland, Zamboni, & Aubertin-Leheudre, 2012).

Atletas na fase pós-carreira, que desenvolveram sobrepeso / obesidade, têm sido uma população pouco estudada. Como consequência da transição para um estilo de vida diferente, muitos atletas na pós-carreira profissionais ou amadores adotaram uma vida sedentária (Emami et al., 2018) e é esperado que reduzam drasticamente o seu gasto de energia na atividade física do estilo de vida. De fato, reduzir o nível de AF não induz uma redução equivalente no consumo de energia (Stubbs et al., 2004), o que levará a um balanço energético positivo (BE) e ganho de peso.

Além disso, as oscilações de peso típicas de alguns desportos, podem comprometer o seu manuseamento a longo prazo, apresentando um risco maior de ganho de peso, stress psicológico, perda de bem-estar geral e distribuição de gordura corporal metabolicamente adversa (Saarni, Rissanen, Sarna, Koskenvuo, & Kaprio, 2006).

Assim, com o objetivo de melhor adequar a prescrição de exercícios em programas de intervenção, é necessário, diagnosticar a aptidão muscular e a composição corporal. Em 2012, Barbat-Artigas propôs a utilização de um Index de qualidade muscular que envolva a avaliação de 3 componentes, designadamente o tecido muscular, a força muscular e a potência muscular. É reconhecido a relevância da composição corporal na aptidão muscular contudo a literatura é escassa no que respeita aos componentes corporais que mais se associam com a força muscular, sobretudo numa população que no passado esteve exposta a elevados níveis de atividade física e que agora estão inativos e com excesso de peso.

Portanto, quantificar a qualidade dos músculos pode exigir a avaliação de três componentes: massa muscular (entre as mais populares estão técnicas de imagem corporal, análise de bioimpedância e medidas antropométricas), força muscular (embora seja avaliada em vários grupos musculares, o teste de preensão manual é um dos principais a ser estudado muito devido ao seu fácil acesso) e potência muscular. Diversas técnicas têm sido utilizadas na pesquisa e / ou nos campos clínicos, sendo o Index de Qualidade Muscular (IQM) muito útil na avaliação e um bom preditor do risco de incapacidade (S. Barbat-Artigas et al., 2012).

A estrutura deste trabalho é constituída essencialmente por 7 capítulos chave. O 1º capítulo trata-se desta introdução. O 2º capítulo é a revisão de literatura, na qual é descrito o contexto atual da obesidade à escala mundial e o papel da mudança no estilo de vida do atleta na pós-carreira e respetivas implicações na saúde destacando-se a composição corporal e a aptidão muscular. Este capítulo é finalizado com a pertinência e objetivos do estudo. O 3º capítulo refere-se à metodologia, descrevendo a seleção da amostra, os instrumentos e procedimentos, bem como as principais variáveis de interesse e respetiva análise estatística aplicada. Os resultados obtidos podem ser encontrados no 4º capítulo, fazendo parte a caracterização da amostra, os diferentes grupos que se criaram de acordo com os parâmetros de qualidade muscular e também as associações estudadas entre a composição corporal ao nível molecular, tecidual e de corpo inteiro com a força muscular. O 5º capítulo apresenta a discussão dos resultados e, é no 6º capítulo que estão descritas as principais conclusões desta investigação. O 7º e último capítulo contempla todas as referências bibliográficas usadas para o desenvolvimento deste trabalho.

2. Revisão de Literatura

2.1. Epidemiologia da obesidade a nível global e a sua prevalência em atletas pós-carreira

Caracteriza-se a obesidade pela acumulação excessiva de gordura corporal com efeito adverso na saúde, decorrente de vários fatores, genéticos ou ambientais, como padrões dietéticos e de AF ou ainda fatores individuais de suscetibilidade biológica, entre muitos outros, que interagem na etiologia da patologia (WHO, 1998). Anos mais tarde, a Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO) acabou por adotar uma definição mais curta descrevendo a obesidade como um excesso de gordura corporal acumulada no tecido adiposo, com implicações na saúde (WHO, 2003).

A obesidade é, a nível mundial, a segunda causa de morte passível de prevenção (Oliveira et al., 2009). O crescente aumento da prevalência do excesso de peso em países de todo o mundo tem causado apreensão, uma vez que cada vez mais estes números tendem a aumentar, chegando ao ponto da OMS declarar a obesidade como uma epidemia global do século XXI (WHO, 2000).

Foram criados parâmetros para categorizar a obesidade, estabelecidos com base no IMC, sendo este calculado através dos valores de peso e altura designadamente: magreza excessiva (inferior a $18,5 \text{ kg/m}^2$), peso normal ($18,5$ a $24,9 \text{ kg/m}^2$), pré-obesidade ($25,0$ a $29,9 \text{ kg/m}^2$) e obesidade grau I ($30,0$ a $34,9 \text{ kg/m}^2$), obesidade grau II ($35,0$ a $39,9 \text{ kg/m}^2$) e obesidade grau III ($40,0 \text{ kg/m}^2$ ou superior) (NHLBI, 1998). Estudos indicam que, a transição do parâmetro de peso normal para pré-obesidade representa um valor de corte crítico preditivo de um aumento nos fatores de risco de doença cardiovascular (Gregg et al., 2005; NHLBI, 1998). Estima-se que o número de pessoas com diabetes duplique nos próximos 30 anos (Chaturvedi, 2007).

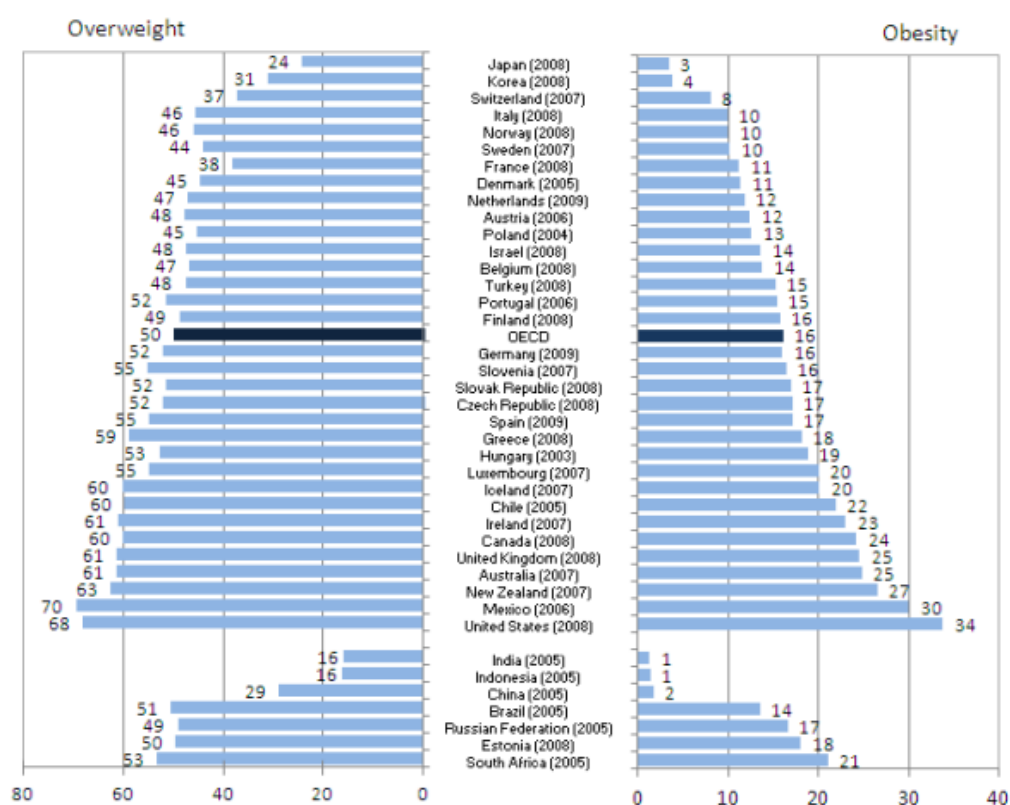


Figura 1- % População com excesso de peso e obesidade por país (WHO,2009)

Os países que apresentam maior prevalência de obesidade são os que se encontram no mediterrâneo e no leste Europeu, contrastando com os países do norte da Europa (Berghofer et al., 2008), como podemos verificar na figura 1. Na população portuguesa, o predomínio de pré-obesidade e obesidade infantil em comparação com os outros países Europeus é muito elevado, 31,5% dos quais 11,3% apresentam obesidade, seguindo a referida tendência dos países mediterrânicos como a Espanha (30%), Grécia (31%) e Itália (36%) (Padez, Fernandes, Mourao, Moreira, & Rosado, 2004).

Devido à complexidade da sua etiologia, aliado à dificuldade em encontrar soluções eficazes para a combater, a prevenção da obesidade deverá ser o “tratamento” chave. Assim, de forma a reduzir o risco de desenvolvimento de obesidade na identificação dos indivíduos geneticamente em risco, o controlo do peso deverá iniciar-se o mais cedo possível, sendo útil diagnosticar os indivíduos com maior probabilidade de ganhar peso. Para além disso, os custos que esta problemática acarreta para o sistema de cuidados de saúde podem ser extremamente elevados (Cook, Drummond, Glick, & Heyse, 2003; Dietz & Robinson, 2005). Estima-se que todo o tipo de tratamento que esteja relacionado com obesidade é responsável por 7% dos

custos totais da assistência de saúde nos Estados Unidos da América e que, os custos diretos e indiretos da obesidade ultrapassam os 117 mil milhões de dólares por ano(Stein & Colditz, 2004).

Vários estudos comprovam a relação existente entre a mortalidade com a magnitude de excesso de peso. O aumento dos níveis de pré-obesidade e obesidade são importantes preditores do decréscimo da longevidade (Lew, 1985). Valores de IMC superior a 30 kg/m² estão associados a menos longevidade, reduzindo de forma mais acentuada, quando atinge obesidade grau II (Flegal, 2005; Kral, 1985). A obesidade tem um impacto bastante acentuado na redução da esperança de vida (Fontaine, Redden, Wang, Westfall, & Allison, 2003), na saúde física (Klein et al., 2004; Kopelman, 2000; WHO, 2000), assim como na saúde mental (Wyatt, Winters, & Dubbert, 2006).

A associação entre a qualidade de vida e o IMC tem sido sobejamente estudada, sendo evidentes as consequências negativas que a obesidade provoca na qualidade de vida e no bem-estar (Sullivan, Ghushchyan, Wyatt, Wu, & Hill, 2007; Wyatt et al., 2006). Vários resultados têm sido apresentados ao indicarem que o excesso de peso produz um significativo efeito negativo na qualidade de vida dos participantes (Hopman et al., 2007) revelando pior funcionamento físico, saúde física e dor corporal (Doll, Petersen, & Stewart-Brown, 2000; Han, Tijhuis, Lean, & Seidell, 1998; Zhou, 2016).

Um estudo de Rippe e Colaboradores com mulheres moderadamente obesas inseridas num programa de tratamento de obesidade de 12 semanas, perderam em média 6 kg no final da intervenção e, quando comparadas com o grupo de controlo, alcançaram melhorias mais significativas na qualidade de vida (Rippe et al., 1998). O sucesso na perda de peso é alcançado pela maioria das pessoas com obesidade envolvidas em programas de intervenção, no entanto não conseguem manter o peso perdido (Hill, 2005). Existem fatores que explicam essa falha no controlo de peso, favorecendo o restabelecimento do peso perdido, uma vez que muitos adotam um estilo de vida sedentário, durante a sua vida tiveram um historial de variação cíclica do peso, desinibição alimentar, alimentação emocional, falta de suporte social e de autoconfiança (Elfhag & Rossner, 2005). As estratégias que resultam na perda de peso podem não ter o devido efeito na fase de manutenção (Klem, Wing, McGuire, Seagle, & Hill, 1997) e um balanço energético negativo entre a ingestão calórica e a energia dispendida é uma condição para perder peso, no entanto para o manter de forma mais eficaz após essa perda, terão que haver alterações no estilo de vida ao

nível dos comportamentos e padrões de alimentação e na atividade física (Anderson et al., 1998) sendo que esta última assume um papel fundamental e ainda mais relevante do que a dieta alimentar (Wing & Hill, 2001).

Existem poucos estudos sobre o estilo de vida do atleta na pós-carreira, mas sabe-se que muitos reduzem a sua atividade física e não alteram os seus hábitos alimentares. Isto causa dificuldades em manter a normalidade de massa corporal e invariavelmente leva à obesidade, diabetes e muitas outras doenças (Maciejewska et al., 2017).

Em Portugal, com base no autorrelato de peso e estatura, a prevalência de sobrepeso / obesidade em atletas de elite na pós-carreira é cerca de 50% (Batista & Soares, 2013), uma taxa ligeiramente inferior à observada na população adulta portuguesa, após o ajuste para o nível de escolaridade (57,9% e 66,6%, respetivamente para mulheres e homens), utilizando medidas objetivas de peso e estatura (L. B. Sardinha et al., 2012).

Holowko e Colaboradores concluíram que a restrição energética é eficaz na redução da massa corporal em atletas na pós-carreira obesos e com excesso de peso ao reduzir a ingestão calórica diária em 30%, mas também na redução de glicose. A promoção de regimes alimentares saudáveis e de mais AF contribui na prevenção e tratamento da obesidade, favorecendo a saúde cardiometabólica e prevenção da mortalidade (Holowko et al., 2019).

2.2. Força e qualidade muscular

Estudos em atletas que deixaram de realizar atividade física, demonstraram que a cessação do exercício regular leva a alterações na sensibilidade à insulina e de lipídios plasmáticos consistente com a síndrome metabólica (Mitsuhashi et al., 2011) e esse estilo de vida sedentário pode levar a menor aptidão física e menor força muscular (Hulens et al., 2001). De fato, atletas que continuam a praticar algum tipo de atividade física, apresentam um perfil de composição corporal mais saudável e maior aptidão muscular após a carreira profissional (Zaccagni, Onisto, & Gualdi-Russo, 2009).

A perda de massa muscular, que, por sua vez, determina as necessidades energéticas e está ligada à redução na intensidade de treino (Pihl & Jurimae, 2001), volume e intensidade da atividade física diária, conduzindo à diminuição na taxa metabólica de repouso (King et al., 2007). O ganho de peso nesta população é consequência de três processos paralelos: diminuição da taxa metabólica basal, redução do gasto energético diário e consumo energético excessivo (O'Kane, Teitz, Fontana, & Lind, 2002).

No estudo de Esco e Colaboradores (Esco, Olson, & Williford, 2008) o somatório de diversas pregas adiposas (crural, abdominal, subescapular) apresentou uma correlação inversa com a força muscular realizada. A massa corporal, a MIG, a MM mostraram estar associadas à força produzida de forma positiva (Utter & Hager, 2008; Winwood, Keogh, & Harris, 2012). A relação entre a MIG e a MM com a potência anaeróbia máxima e média também já foi estabelecida em atletas (Kim, Cho, Jung, & Yoon, 2011; Vardar, Tezel, Öztürk, & Kaya, 2007).

No estudo de Kanehisa e Colaboradores (Kanehisa, Ikegawa, & Fukunaga, 1998) foram observadas associações positivas entre os diversos marcadores de composição corporal antropométricos, a massa corporal correlacionou-se com a MIG e a estatura, a MG com a massa corporal e por último a percentagem de MG com o índice de massa corporal (IMC). Por outro lado, a MIG apresenta uma correlação positiva com os valores de força alcançados em testes máximos em indivíduos desportistas e não desportistas (Johnson, Kriedl, Frykman, & Moore, 1994; Vaara et al., 2012).

A avaliação da composição corporal é, portanto, indispensável para a compreensão da qualidade muscular e capacidade funcional nos componentes corporais. A perda de massa muscular e óssea, mas também o aumento da adiposidade está associada à capacidade funcional limitada em adultos mais velhos (Schaap, Koster, & Visser, 2013).

2.3. Relevância da composição corporal

O estudo da CC é designado como o estudo dos diferentes componentes do corpo humano, incluindo a sua quantificação, análise das suas interações e das transformações que ocorrem nestes componentes fruto de determinados fatores, tais como o exercício físico, a nutrição, o envelhecimento, o crescimento e determinadas doenças. Existem vários componentes da composição corporal que têm sido associados ao diagnóstico e incluídos nos parâmetros de identificação de risco de várias condições clínicas, nomeadamente doenças cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, osteoporose e osteoartrite, bem como determinados tipos de cancro. Esses elementos da CC são, como por exemplo, conteúdo mineral ósseo (CMO), massa gorda (MG) e massa muscular (MM) (L. Sardinha & Teixeira, 2005).

O estudo da CC divide-se em três áreas interligadas entre si: 1ª área – noção de regras da composição corporal; 2ª área – metodologia de avaliação da composição corporal; 3ª área – modificações da composição corporal. A composição corporal organiza-se de acordo com um modelo de cinco níveis: atómico, molecular, celular, tecidual e corpo inteiro (Figura 2) (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992).

Heymsfield e Colaboradores (Heymsfield, Pietrobelli, Wang, & Saris, 2005) definem a metodologia da composição corporal como “uma área de investigação dedicada ao estudo e aplicação de métodos usados para quantificar componentes corporais desde níveis atômicos até ao corpo inteiro”.

Ao nível molecular, foram desenvolvidos vários modelos para avaliação da composição corporal. O primeiro, o modelo clássico a dois compartimentos (2C), foi introduzido por Behnke (Behnke, 1942) para estimar a massa gorda, e explicava-se pela divisão do peso corporal em massa gorda e massa isenta de gordura, com densidades de $0,9007\text{g/cm}^3$ e $1,100\text{g/cm}^3$, respetivamente. Anos mais tarde, Siri adicionou a estimação de um outro componente, a água corporal total, anunciando um modelo a três compartimentos (3C) (Siri, 1993). Posteriormente, Wang e colaboradores apresentaram um modelo a 4 compartimentos (Wang et al., 1992).

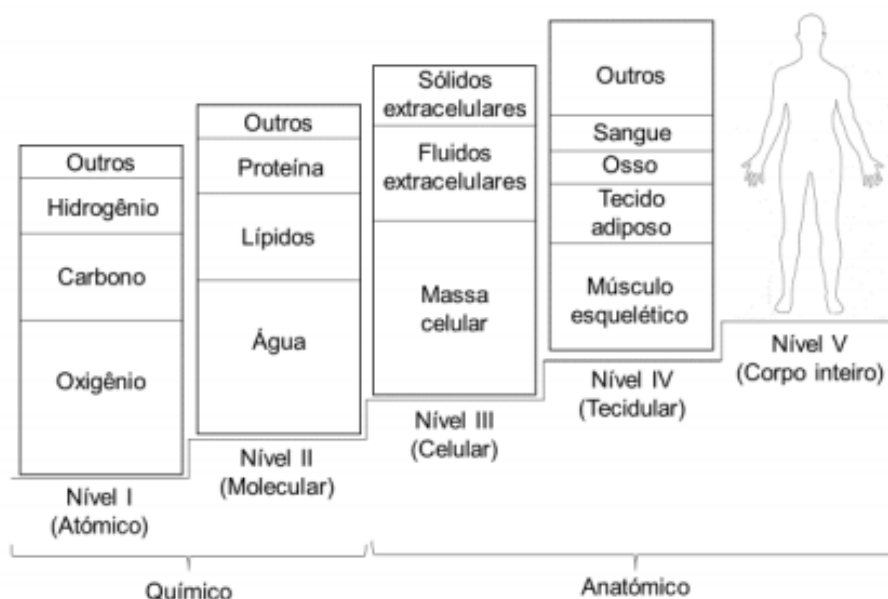


Figura 2-Representação dos cinco níveis da composição corporal humana (Wang et al., 1992)

A densitometria radiológica de dupla energia (DXA) tem sido amplamente utilizada em ambientes clínicos, pois fornece medidas precisas e válidas da composição corporal total/regional (Toombs, Ducher, Shepherd, & De Souza, 2012) e a densidade e a massa óssea podem ser avaliadas juntamente com as medidas de adiposidade total e abdominal por DXA. Além disso, a massa isenta de gordura e osso apendicular, calculada como a soma da massa isenta de gordura e osso dos membros superiores e inferiores, é considerada um forte preditor do tecido muscular esquelético. No entanto, este método é dispendioso e não está disponível na maioria dos contextos clínicos ou de campo no que toca à avaliação e monitorização (Tomeleri et al., 2017).

Tanto os humanos como alguns primatas têm semelhanças a nível atômico, molecular, celular e a nível tecidular, no entanto, somente ao nível do corpo inteiro é que é possível apontar distinções. As medidas de avaliação utilizadas ao nível de corpo inteiro baseiam-se na altura, massa corporal, índice de massa corporal, comprimento dos segmentos, circunferências, pregas cutâneas, área de superfície corporal, volume corporal ou densidade corporal. As mudanças que possam ocorrer ao nível do corpo inteiro estão relacionadas com alterações que ocorrem nos outros quatro níveis, pelo que é frequente usar avaliações a este nível para estimar componentes dos anteriores (Shen, St-Onge, Wang, & Heymsfield, 2005). A antropometria e a Bioimpedância elétrica são as técnicas mais usadas ao nível do corpo inteiro sendo detalhadas na próxima secção.

De seguida são descritos alguns dos principais métodos de avaliação da CC ao nível molecular designadamente a DXA, e do nível de corpo inteiro (antropometria e BIS)

2.4. Avaliações da composição corporal

2.3.1. Técnica imagiológica de nível molecular- DXA

A densitometria radiológica de dupla energia é uma técnica imagiológica de nível molecular que, inicialmente foi conceptualizada para estimar o CMO e a densidade mineral óssea de regiões do esqueleto e do corpo inteiro. Contudo, o desenvolvimento da análise de corpo inteiro, com base numa fonte de raios x com fótons de dupla energia, permitiu também a avaliação da composição corporal, quantificando a MG e MIG (Lukaski, 1993; Mazess, Peppler, & Gibbons, 1984).

A DXA é considerada um dos métodos mais utilizados a nível molecular. A análise baseia-se na atenuação de feixes de raios x de dupla energia, sendo que cada elemento atómico traduz um coeficiente de atenuação característico (Cherry, Sorenson, & Phelps, 2003). Também a rapidez do processo na recolha dos valores, pode explicar os inúmeros estudos realizados utilizando esta técnica (Toombs et al., 2012). A medição da composição corporal baseia-se na discriminação de 3 compartimentos, nomeadamente da MG, CMO e massa isenta de gordura e de osso (MIGO) (Pietrobelli, Formica, Wang, & Heymsfield, 1996), sendo obtido valores totais e regionais (membros superiores, inferiores e tronco) (Kohrt, 1995).

Existem vários tipos de equipamentos para a realização desta técnica, no entanto têm sido encontradas no mercado diferenças substanciais nas medidas de composição corporal entre equipamentos de fabricantes diferentes (Malouf et al., 2013; Soriano et al., 2004) e entre modelos diferentes do mesmo fabricante (Hull et al., 2009; Malouf et al., 2013; Mazess & Barden, 2000).

A DXA quando comparada com o modelo de 4 compartimentos, apresenta boas correlações na avaliação da MG e MIG, sobretudo em indivíduos adultos saudáveis e atletas (Santos et al., 2010). Porém, a sua validade é menor quando esta é aplicada em indivíduos muito magros ou muito obesos, tendo-se verificado subestimação da MG em indivíduos magros (Gallagher et al., 2000; Withers et al.,

1998) e sobrestimação da MG em indivíduos obesos (Santos et al., 2010; Williams et al., 2006).

Assim, as principais vantagens deste método são a independência de observador, excelente precisão em medições de corpo inteiro, rápido (Fosbol & Zerahn, 2015), sendo uma tecnologia que tem sido recomendada para a medição dos componentes corporais em diversos grupos etários e populações (Plank, 2005).

2.3.2. Técnica do nível corpo inteiro

2.3.2.1. Bioimpedância Espectral

A Bioimpedância Espectral (BIS) é um método que se baseia nas propriedades condutoras elétricas do corpo humano. Neste método, uma corrente elétrica de uma determinada frequência flui através do corpo humano, havendo resistência por parte dos tecidos corporais.

Os tecidos funcionam como condutores ou isoladores da corrente elétrica que condicionam uma maior ou menor resistência (Heyward & Wagner, 2004). Os que são isentos de gordura são considerados altamente condutores da corrente elétrica devido à grande quantidade de água e eletrólitos, apresentando baixa resistência à passagem da corrente elétrica (Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gomez, et al., 2004). Ao invés, a massa gorda, os ossos e a pele constituem um meio de baixa condutividade apresentando elevada resistência (Baumgartner, Ross, & Heymsfield, 1998). A condutividade dos tecidos é, assim, diretamente proporcional à quantidade de eletrólitos e hidratação presentes no tecido.

A aplicação da análise da BIS, método não invasivo, para a avaliação da composição corporal foi originalmente descrita por Hoffer e Colaboradores (Hoffer, Meador, & Simpson, 1969), medindo dois parâmetros biológicos, mais concretamente a resistência e a reactância corporal, a partir dos quais se calcula a impedância. A resistência é a oposição oferecida pelo corpo ao fluxo de uma corrente elétrica alternada e está inversamente relacionada com a quantidade de água e o teor eletrólito dos tecidos. A reactância é o inverso da capacitância, que por sua vez é a qualidade de isolante elétrico que as células possuem, existindo assim uma relação

com as propriedades de capacitância das membranas celulares, ocorrendo variações de acordo com a integridade, função e composição das membranas (Baumgartner, Chumlea, & Roche, 1988).

Os valores de resistência e reatância decorrentes da medição, são usados na determinação da composição corporal (Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gomez, et al., 2004). Para estimar componentes corporais, este método assenta em pressupostos sobre as propriedades elétricas do corpo, da sua composição, hidratação, densidade, idade, raça, sexo e condição física do indivíduo (Baumgartner, Chumlea, & Roche, 1990; Kushner, 1992). O principal pressuposto deste método é a semelhança do corpo humano a um cilindro, sendo assumida a área de secção transversal uniforme e homogênea (Yanovski, Hubbard, Heymsfield, & Lukaski, 1996).

O cálculo do volume de um cilindro é realizado através da seguinte equação:

$$V = \rho L^2 / R$$

Onde R é a resistência medida, L o comprimento do cilindro (substituído pela altura do indivíduo) e ρ a resistividade específica do tecido, que é uma média aproximada das resistividades dos tecidos do corpo humano (Rush, Bristow, Plank, & Rowan, 2013).

Uma vez que o corpo humano não é, na realidade, um cilindro (visto que não apresenta área de secção transversal uniforme e composição homogênea), foi necessário desenvolver equações para medir corretamente a ACT e a MIG (Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gomez, et al., 2004).

No entanto, atualmente a maior parte dos investigadores prefere assumir o corpo humano como a soma de cinco cilindros uniformes (dois braços, duas pernas e tronco), cujas dimensões são proporcionais à estatura do indivíduo. Numa avaliação de corpo inteiro, a resistência do corpo inteiro é determinada principalmente pela resistência dos membros, uma vez que têm menores áreas de secção transversal (Baumgartner, 1996).

Porém, a validade e a precisão do método de BIA são influenciadas por vários fatores. São exemplos disso, o tipo de instrumento usado, a colocação do eletrodo, o nível de hidratação do sujeito, alimentação, prática prévia de exercícios, o ciclo menstrual, a temperatura ambiente e a equação de predição. Para que as medidas sejam válidas e precisas existe a necessidade de controlar estes fatores. Assim, é necessário cumprir pré-requisitos antes desta avaliação, de forma a possibilitar a

reprodutibilidade dos resultados, nomeadamente: bexiga e intestinos vazios antes do teste; não comer ou beber antes de 4 h do teste; não fazer exercício 12 h antes do teste; não consumir álcool 12 h antes do teste; estar hidratado; não estar sob o efeito de diuréticos (Heyward & Stolarczyk, 2000). Atenção deve ser dada à posição do corpo, a correta medição da estatura, posição dos elétrodos, limpeza da pele com álcool antes da colocação dos elétrodos, temperatura ambiente e da pele, e condutibilidade da marquesa onde o indivíduo está posicionado. Estes são alguns dos aspetos que devem ser controlados com o objetivo de garantir a validade, reprodutibilidade e precisão da avaliação (Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gomez, et al., 2004; Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Manuel Gomez, et al., 2004).

A BIS tem, contudo, várias vantagens. Surgiu na década de 1960, entretanto somente a partir de 1980 é que esta técnica foi amplamente utilizada. É considerada segura, não expondo os indivíduos a radiação ionizante, fácil e de prática aplicação, sem grande variação entre técnicos, de baixo custo, reprodutível e pode ser aplicada em qualquer lugar, devido à sua portabilidade, desde que asseguradas as condições ideais de temperatura ambiente e condutibilidade da marquesa (Fosbol & Zerahn, 2015; Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Manuel Gomez, et al., 2004).

2.3.2.2. Antropometria

Estudos definem morfologia como a investigação das formas humanas. Quando nos referimos a morfologia sem precisar se é interna ou externa à partida julgamos tratar-se de morfologia externa.

A antropometria apresenta-se, dentro do estudo morfológico, como um ramo das ciências biológicas que tem como objetivo o estudo dos caracteres mensuráveis da morfologia humana. O método antropométrico baseia-se na mensuração sistemática e na análise quantitativa das variações dimensionais do corpo humano (Fragoso & Vieira, 2000a).

Além do mais, esta técnica económica, de aplicação simples e rápida, permite a avaliação de um grande número de indivíduos, motivo pelo qual é tantas vezes utilizada em estudos de campo (Fragoso & Vieira, 2000b).

A medição das pregas adiposas consiste na avaliação da espessura composta por uma dupla camada de pele e pela quantidade de tecido adiposo subcutâneo, em locais específicos do corpo que se queira avaliar. Assim, permite estimar de um modo simples e não invasivo a quantidade e a distribuição da MG. Para a conversão das pregas subcutâneas em %MG poderá ser necessário a medição da densidade corporal ou poderão ser aplicadas em equações desenvolvidas para o efeito.

2.5. Pertinência de estudo e objetivos

Os efeitos benéficos da atividade física na saúde são inequivocamente admitidos. É reconhecido que, de maneira geral, um estilo de vida ativo melhora a aptidão física e, logicamente, aumenta a força muscular e previne diversas patologias (Ortega, Silventoinen, Tynelius, & Rasmussen, 2012).

Atletas na pós-carreira integram um grupo especial de pessoas que no passado estiveram expostas a altos níveis de AF e que, muitas vezes, de forma abrupta terminaram a sua carreira desportiva.

Desta forma, a transição para a pós-carreira é muitas vezes acompanhada por um assinalável aumento do peso e consequente suscetibilidade para desenvolver obesidade. Atletas na pós-carreira que adicionalmente deixam de praticar AF, não só podem desenvolver obesidade como também podem comprometer a sua saúde cardiometabólica e, expectavelmente, a sua aptidão física (Ortega et al., 2012).

No entanto, a literatura é inexistente no que respeita à aptidão muscular e à qualidade muscular em atletas na pós-carreira, designadamente naquelas que se tornaram inativos. A literatura também é escassa no que concerne à composição corporal destes atletas na pós-carreira cuja ligação à aptidão muscular é expectável.

Face a esta lacuna, os objetivos da presente dissertação conduzida numa amostra de atletas na pós-carreira que apresentam excesso de peso/obesidade e são inativos incluem:

- Caraterizar a qualidade muscular em função do sexo;
- Analisar as associações entre a composição corporal ao nível molecular, tecidual e corpo inteiro com a força muscular nos membros superiores e membros inferiores em função do sexo e ajustando para a idade e IMC.

3. Metodologia

Este capítulo contém uma descrição da abordagem adotada nesta investigação, incluindo a tipologia do estudo, amostra e métodos e procedimentos. Primeiramente apresentar-se-á o tipo de estudo, na seção 3.1, seguindo-se a conceção do estudo, população alvo, amostra, instrumentos utilizados (secção 3.5). A secção 3.6 descreve os procedimentos realizados para avaliação da composição corporal e da força muscular, bem como a respetiva análise estatística.

3.1. Desenho do estudo

Estudo observacional e transversal.

Este estudo foi conduzido no âmbito do projeto Champ4Life, um estudo clínico com distribuição aleatória e grupo de controlo que visou testar o efeito de um programa de modificação do estilo de vida em atletas na pós-carreira. Foram utilizados os dados obtidos na avaliação inicial dos participantes.

Para a realização do presente estudo avaliou-se a composição corporal através de DXA, BIS e Antropometria, e também aplicaram-se testes de força muscular, tais como força de preensão manual e força máxima de pernas a uma amostra de atletas na pós-carreira que se voluntariaram para o projeto Champ4Life.

3.4. Amostra

A amostra é constituída por 91 atletas na pós-carreira de ambos os géneros, que participaram na recolha de dados do Laboratório de Exercício e Saúde da Faculdade de Motricidade Humana, da Universidade de Lisboa inseridos no projeto Champ4Life. Os participantes do estudo correspondem a indivíduos voluntários recrutados a partir de parcerias com o Comité Olímpico de Portugal, o Sindicato dos Jogadores Profissionais de Futebol e várias federações desportivas.

Todos os participantes foram previamente informados da voluntariedade de participação e da confidencialidade dos dados recolhidos.

O Conselho de Ética da Faculdade de Motricidade Humana aprovou a investigação e todos os participantes assinaram um termo de consentimento informado de acordo com os regulamentos deste conselho (declaração de Helsínquia).

Critérios de Inclusão:

Considerando o estudo clínico Champ4life foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: atleta de alta competição na pós-carreira; homem ou mulher adulto com idade <70 anos; estar com sobrepeso ou obeso (IMC de $\geq 25 \text{ kg / m}^2$); ser inativo (realizar <150 min/dia de AF moderada a vigorosa); dispostos a ser direcionados para grupos de controlo ou de intervenção e seguir o protocolo para o qual foram designados; disponível para participar nas sessões educacionais realizadas na FMH-UL; não estar disposto a considerar o uso de medicamentos para perda de peso, mas sim, pronto para modificar a sua dieta na tentativa de perder peso caso seja designado para o grupo de intervenção.

Critérios de Exclusão:

Os critérios de exclusão incluem: não dispostos a dar o consentimento informado ou comunicar com a equipa do estudo; diagnóstico atual de esquizofrenia; outros transtornos psicóticos ou transtorno bipolar; transtornos alimentares; hospitalização por depressão nos últimos seis meses; Autorrelato de abuso de álcool nos últimos doze meses; consumo atual de mais de 14 bebidas alcoólicas por semana e / ou tratamento agudo atual ou programa de reabilitação para esses mesmos problemas; gravidez ou planeamento para engravidar nos próximos 9 meses; ter amamentado nos últimos 6 meses; historial cirúrgico de perda de peso ou procedimentos de lipoaspiração; participação atual num programa de perda de peso;

Nos últimos três meses, perda de peso superior a 4,5 kg ou tentativas bem-sucedidas de perder peso nos últimos 6 meses; uso atual de medicamentos para perda de peso; condições médicas, como distúrbios da tiroide; diabetes, doenças cardiovasculares ou outra condição médica conhecida; autorrelatos de incapacidade de andar dois quarteirões; e incapacidade de comparecer às visitas / consultas, medições e participar nas sessões de intervenção na FMH-UL.

3.5. Instrumentos e procedimentos

As seguintes metodologias requereram instrumentos na recolha e análise dos dados, enumerados de seguida:

Dados Antropométricos

As variáveis antropométricas foram obtidas de acordo com os protocolos definidos pelo International Society for the Advancement of Kinanthropometry (Stewart, Marfell-Jones, Olds, & Ridder, 2011) por antropometristas acreditados. Para a determinação do peso corporal e da estatura foi usado um equipamento que dispunha de balança e estadiómetro incorporado, *SECA, Hamburg, Germany*. Esta balança tem capacidade de peso máxima de 200 kg e rigor de 100 g. O estadiómetro tem escala de medição de 85 a 200 cm e rigor de 1 mm. Outros instrumentos utilizados que estão incluídos na pasta antropométrica DKSH (Siber Hegner Machines SA) incluem o adipómetro *Slim guide* e a fita métrica Rosscraft para a obtenção das pregas tricipital, crural e geminal e dos perímetros do braço, coxa e gémio, respetivamente. O índice de massa corporal foi calculado usando a fórmula $[\text{peso (kg)} / \text{altura}^2 (\text{m}^2)]$.

Composição Corporal

Quanto à composição corporal, o equipamento utilizado para a BIS trata-se da *Bio-Impedance Spectrum Analyzer, Modelo 4200B, Xitron Technologies (San Diego, CA, USA)*.

Força Muscular

A força máxima do antebraço foi determinada através de um dinamómetro de preensão manual (*Jamar, Sammons Preston, Inc., Bolingbrook, IL, USA*) enquanto que no teste da força máxima de pernas foi usado a prensa de pernas e o software *Plux (Biosignalsplux)* que analisou a média entre as repetições voluntárias máximas.

3.6. Procedimento

Após doze horas de jejum, os indivíduos foram avaliados. Esta avaliação incluía avaliação antropométrica (peso, estatura, pregas adiposas e perímetros) e avaliação da composição corporal através de BIS e DXA. Os indivíduos tomavam o pequeno-almoço e posteriormente realizavam a última fase desta avaliação, que incluía os testes de aptidão física, nomeadamente a força máxima de antebraço e das pernas.

O protocolo para a avaliação da composição corporal através da BIS requer uma preparação e instrução dos indivíduos para que esta seja uma avaliação correta, para além de requerer previamente uma avaliação antropométrica. Assim:

Preparação

Foi dado a conhecer a todos os participantes a necessidade de cumprir determinados pré-requisitos que incluem: a) não realização de exercício físico nas 24 horas precedentes ao teste; b) retirar todos os objetos de metal antes do teste (pulseiras, fios, brincos, relógio); c) estar em jejum; d) não beber álcool nas 48 horas anteriores ao teste; e) não ingerir diuréticos (chá, café ou outros); f) ter a bexiga e os intestinos vazios (Kyle, Bosaeus, A.D., et al., 2004).

As avaliações foram, assim, realizadas de manhã no laboratório de exercício e saúde, a uma temperatura ambiente de aproximadamente 23°C. De forma a minimizar os erros de medida, as avaliações foram realizadas pelo mesmo técnico.

3.6.1. Avaliação antropométrica

Antes da avaliação pela DXA, foram medidos o peso e a altura através de um equipamento com balança e estadiómetro incorporado (SECA, Alemanha), de acordo com as diretrizes da metodologia ISAK. De seguida procedeu-se à marcação de pontos de referência, ao manuseamento do adipómetro e da fita métrica para a obtenção das respetivas medidas. Estas medições foram realizadas com aproximação de 0,01 kg (peso) e 0,1 cm (altura, pregas e circunferências).

Peso

Na avaliação da massa total do corpo, o indivíduo apresenta-se descalço e com roupas leves, coloca-se em cima da balança na posição bípede com os membros superiores pendentes ao longo do tronco, olha em frente e distribui o peso pelos dois pés (Fragoso & Vieira, 2005; ISAK, 2001).

Estatura

Seguidamente, na avaliação da distância do vértex ao solo, o observado, descalço, coloca-se na posição antropométrica, distribui o peso pelos dois pés e permanece com a cabeça orientada de acordo com o plano de Frankfurt. O técnico auxilia na adoção desta posição, realizando uma ligeira pressão lombar com a mão direita e apoiando a mão esquerda na região esternal, assim como uma ligeira tração na zona cervical. A mão esquerda é colocada debaixo do queixo do avaliado enquanto a direita coloca a haste móvel do estadiómetro sobre o vértex. Sempre que possível, o avaliado deve fazer uma inspiração profunda no momento de medição (Fragoso & Vieira, 2005; ISAK, 2001).

Pregas e Perímetros

As pregas adiposas (mm), foram medidas com recurso a um adipómetro (Slim Guide®), com uma precisão de 0,1 mm. Foram recolhidas e calculadas as seguintes pregas: i) Prega tricipital (mm), medida verticalmente, na parte posterior do braço direito, na meia distância entre o processo acromial e o processo olecraniano, ii) Prega crural (mm) medida verticalmente, na face anterior da coxa, a meia distância entre o sulco inguinal e o bordo proximal da rótula e iii) Prega geminal, medida verticalmente, tendo como ponto de referência o máximo volume geminal da face interna da perna.

Os perímetros foram medidos com recurso a uma fita antropométrica (Rosscraft), com uma precisão de 0,1 cm. Os avaliados devem estar com roupa leve e confortável que não exerça compressão na pele e, nas avaliações, a fita antropométrica está colocada paralelamente ao solo. No perímetro do braço (cm), o sujeito está de pé e com o braço descontraído ao longo do corpo e a medição é efetuada na zona onde se avaliou a prega tricipital. O perímetro da coxa (cm) é feito com o avaliado de pé, apoiando o peso no membro inferior não avaliado e a medição é

realizada na região marcada para a prega crural. No perímetro do gêmeo (cm), o sujeito coloca o pé apoiado numa plataforma e a sua medição é efetuada na zona de maior volume da perna.

Os perímetros ajustados foram realizados segundo a equação de Lee (2000). Este cálculo era realizado da seguinte forma: Circunferência do Braço – $(3,1415 * \text{Prega Tricipital (cm)})$; Circunferência da Coxa – $(3,1415 * \text{Prega Crural (cm)})$; e Circunferência do Gêmeo – $(3,1415 * \text{Prega Geminal (cm)})$, respetivamente para o perímetro ajustado do braço, perímetro ajustado da coxa e perímetro ajustado do gêmeo (Lee et al., 2000).

Depois de recolhidas, todas estas variáveis foram introduzidas no *software* de análise da DXA e da BIS, bem como a idade e o sexo do indivíduo, de forma a proceder-se à medição da composição corporal através destes dois equipamentos.

3.6.2. Avaliação da Composição Corporal

Absorciometria Radiológica de Dupla Energia (DXA)

Para a estimação da composição corporal através da DXA, o participante foi colocado em decúbito dorsal no equipamento DXA, e posteriormente iniciou-se a medição, durante a qual o sujeito permanece imóvel. Na avaliação por Absorciometria Radiológica de Dupla Energia (DXA) foi usada a Hologic Explorer W, *software* QDR for windows versão 12.4, Waltham, USA pela medição da atenuação dos raios-X emitidos com frequências entre 70 e 140kV sincronizados com a frequência de linha para cada pixel da imagem recolhida pelo *scan* e de modo a determinar a MG, MIG e CMO total e regional.

Esta é uma medição de corpo inteiro que tem a duração total de sete minutos. Após recolhidos os dados da medição, são estimados os componentes corporais, nomeadamente o CMO, MG e MIG, usando o *software* Hologic®. As variáveis MIGO e MIGOpend. foram calculadas através dos dados fornecidos diretamente do *software*, em que a variável MIGO representa a subtração do CMO total à MIG de corpo inteiro e a variável MIGOpend. representa a subtração do CMO dos membros superiores e inferiores à MIG dos membros superiores e inferiores. Quanto às variáveis tecidulares, estas foram obtidas através das seguintes equações: tecido ósseo $[1,85 * \text{CMO} * 1,0436]$; tecido muscular $[1,19 * \text{MIGOpend.} - 1,65]$; tecido adiposo

[MG*1,18]; e tecido residual pela subtração do peso total pelas três variáveis tecidulares obtidas.

Bioimpedância Espectral

A medição é realizada em posição de decúbito dorsal, do lado direito do corpo, tendo sido colocados dois elétrodos na mão e no pé desse mesmo lado. Esta avaliação foi realizada de acordo com a figura seguinte:

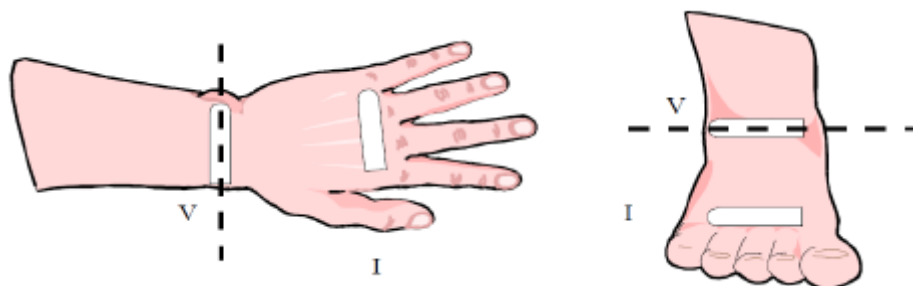


Figura 3- Esquema de colocação dos elétrodos injetores (I) e recetores (V) na mão e pé direitos para medição através da BIS

Cada sujeito colocou-se em posição supino numa marquesa, com os braços confortáveis em abdução relativamente ao tronco com cerca de 15° e, as pernas confortavelmente separadas. Antes da avaliação, os sujeitos permaneciam nesta posição cerca de 10 minutos.

Antecipadamente, a zona de colocação dos elétrodos foi limpa com álcool etílico. Colocou-se um elétrodo injetor no dorso da mão, na linha média próxima da articulação metacarpo-falângica, e outro no dorso do pé, na linha média próxima da articulação metatarso-falângica. Os dois elétrodos recetores de corrente são colocados na linha média do pulso, entre as proeminências distais do rádio e do cúbito, e na linha média entre o maléolo medial e lateral do tornozelo direito (figura 3). Os elétrodos injetores e recetores devem ficar a uma distância de 5 cm entre si. Conectam-se os cabos aos respetivos elétrodos, sendo os de cor preta os cabos injetores que devem ser colocados nos elétrodos mais distais e os de cor vermelha, os recetores, nos elétrodos localizados no pulso e tornozelo. Os cabos não tocam no chão, nem em objetos metálicos.

Depois da medição, são apresentados os resultados através do software Hydra Data Acquisition Utility®. Os resultados apresentados são divididos em três grupos. O primeiro refere-se aos valores crus, ou seja, onde se encontra um dos valores que nos interessou para o estudo (resistência).

3.6.3. Avaliação da Força Muscular

Força Isométrica Máxima Membros Superiores

O teste de força de preensão manual avalia força máxima dos músculos da mão e foi realizado através de um dinamómetro manual portátil JAMAR plus digital (Sammons Preston, Bolingbrook, IL). Antes do teste, o dinamómetro foi ajustado ao tamanho da mão de cada sujeito. A avaliação de preensão manual foi realizada com o sujeito em posição anatómica de referência colocando os braços em posição neutra (a meio caminho entre a posição supino e de pronação). Cada participante foi avaliado em três momentos e, em cada um deles, o sujeito exerceu a força máxima de preensão no dinamómetro de preensão manual durante 5 segundos. Após cada tentativa, segue-se um período de repouso de 60 segundos.

Membros Inferiores

Antes de cada avaliação, o participante foi instruído a realizar um período de aquecimento de 5 minutos, precedido por um período de familiarização com o teste específico para o membro inferior. A avaliação da força máxima da perna foi realizada através de um teste isométrico na prensa horizontal (S0409, BPH) com a perna em flexão e a articulação do joelho a realizar um ângulo de 110 °. Os participantes completaram 5 repetições voluntárias máximas com um período de descanso de 60 segundos entre cada uma delas. Todos os participantes foram solicitados a produzir a maior força possível em todas as repetições. Todos os participantes foram instruídos a não realizar a manobra de Valsalva durante os testes.

Qualidade Muscular

A qualidade muscular dos participantes foi aferida recorrendo à aplicação do IQM proposto por Barbat-Artigas. Para esse índice eram indispensáveis os critérios de Janssen, Heymsfield, Baumgartner, & Ross (2000) para aferir o tecido muscular. O uso dos critérios apresentados nas ilustrações 4 e 5, exigiu a aplicação da seguinte fórmula, de forma a avaliar a qualidade muscular do membro superior:

$$\text{Massa muscular (kg)} = [(\text{Altura}^2 / R \times 0.401) + (\text{sexo} \times 3.825) + (\text{idade} \times -0.071)] + 5.102$$

Legenda: Altura (cm); R- resistência (ohm); Sexo masculino (1) /feminino (0), Idade (anos).

Level	Handgrip strength / Muscle mass (kg/SMkg) *
Normal > 1 SD	> 1.53
1 SD \geq Low > 2 SD	1.53 \geq X > 1.35
Poor \leq 2 SD	\leq 1.35

Figura 4- Critério de qualidade muscular no sexo feminino

Level	Handgrip strength / Muscle mass (kg/SMkg)
Normal > 1 SD	> 1.53
1 SD \geq Low > 2 SD	1.53 \geq X > 1.36
Poor \leq 2 SD	\leq 1.36

Figura 5- Critério de qualidade muscular no sexo masculino

3.6.4. Análise estatística

Após a recolha dos dados ter sido dada como concluída, os ficheiros de cada um dos indivíduos presentes no estudo foram convertidos em ficheiros .x/sx, para serem analisados pelo programa *Microsoft Office Excel™ 2007*. Após o ajuntamento dos dados numa folha única de *Excel*, estes foram transportados para o programa *IBM SPSS Statistics™ 25.0* para se proceder ao respetivo tratamento estatístico.

Inicialmente o arquivo foi dividido por sexos, de modo a comparar e analisar as possíveis diferenças existentes entre géneros feminino e masculino.

Foram utilizados alguns conceitos de estatística descritiva por forma a caracterizar a amostra e a qualidade muscular dos participantes, recorrendo à utilização das medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão), valor mínimo e máximo. No que respeita às variáveis qualitativas, foram apresentadas as suas frequências absoluta (n) e relativa (em %).

Antes de passarmos à estatística inferencial, testamos a normalidade das variáveis recorrendo ao teste de Kolmogorov-Smirnov, uma vez que as dimensões assim o permitiam ($n \geq 30$).

De seguida foram calculados os coeficientes de correlação entre as diferentes variáveis, recorrendo ao coeficiente de correlação de Pearson, uma vez que foram verificados os pressupostos para a sua utilização, nomeadamente no estabelecimento da associação entre os métodos de componente molecular, tecidular e de corpo inteiro com a força. Também foram realizadas correlações parciais para avaliar a mesma relação, no entanto, com controlo para variáveis de confundimento (idade e IMC).

Em todos os testes, o nível de significância considerado foi de $p < 0,05$.

4. Resultados

Este capítulo foi criado com o intuito de mostrar dados importantes para o desenvolvimento desta tese. A secção 4.1 demonstra as características demográficas, de força e de composição corporal dos indivíduos que completaram a amostra. Posteriormente, na secção 4.2 são revelados os critérios e os resultados obtidos para a descrição da qualidade muscular destes atletas na pós-carreira. Por fim, a secção 4.3 apresentará os valores da associação entre a composição corporal dos níveis molecular, tecidular e de corpo inteiro com a força.

4.1. Caraterização da amostra

As características dos indivíduos incluídos na amostra estão descritas nas tabelas 1,2 e 3.

Tabela 1- Caraterização da amostra (N=91)

Grupos			n	%
Sexo		F	32	35,2
		M	59	64,8
		Min	Max	Média ± DP
Idade	T	22	69	43,2 ± 9,5
	F	22	59	43,2 ± 8,5
	M	26	69	42,8 ± 10,0
Peso (kg)	T	63,2	127,6	91,6 ± 15,4
	F	63,2	108,0	82,0 ± 12,3
	M	72,6	127,6	96,8 ± 14,4
Altura (cm)	T	148,8	196,0	171,6 ± 9,1
	F	148,8	177,8	163,3 ± 6,4
	M	158,0	196,0	176,0 ± 6,9
IMC	T	24,6	41,5	31,0 ± 4,0
	F	24,6	38,1	30,7 ± 3,9
	M	24,7	41,5	31,2 ± 4,1
Força Isométrica Máxima dos Membros Superiores	T	25	75	48,4 ± 12,0
	F	25	54	35,8 ± 6,1
	M	34	75	55,2 ± 8,3
Força Membros Inferiores	T	100,9	434,1	241,7 ± 81,3
	F	100,9	358,9	187,7 ± 61,8
	M	121,2	434,1	270,9 ± 75,8

Legenda: F, Feminino; M, Masculino; T, Amostra total; Min, Mínimo; Max, Máximo; DP, Desvio Padrão; IMC, Índice Massa Corporal.

Tabela 2- Caracterização da amostra ao nível molecular

		Min	Max	Média ± DP
MG Total	T	11968,0	47264,4	29710,4 ± 7860,2
	F	23027,9	47264,4	33621,9 ± 6924,5
	M	11968,0	46204,0	27588,9 ± 7564,5
MIG Total	T	38995,5	91029,0	60456,0 ± 12608,5
	F	38995,5	58465,2	47098,2 ± 5988,3
	M	46300,0	91029,0	67700,8 ± 8699,5
MIGO Total	T	36,9	87,4	57,7 ± 12,2
	F	36,9	55,7	44,8 ± 5,8
	M	44,0	87,4	64,7 ± 8,4
CMO Total	T	1767,6	4134,1	2786,4 ± 530,1
	F	1767,6	3255,2	2308,6 ± 336,8
	M	2307,3	4134,1	3045,6 ± 425,5
MIGO Apendicular	T	14,5	42,0	25,5 ± 6,3
	F	14,5	26,8	19,0 ± 3,0
	M	18,6	42,0	29,1 ± 4,4
MG Braço Direito	T	482,5	2793,0	1404,9 ± 500,9
	F	934,8	2793,0	1752,9 ± 460,9
	M	482,5	2496,9	1216,2 ± 415,6
MIG Braço Direito	T	1572,2	6256,8	3481,8 ± 1004,2
	F	1572,2	3269,6	2402,5 ± 396,0
	M	2592,9	6256,8	4067,2 ± 699,7
MIGO Braço Direito	T	1,4	6,0	3,3 ± 1,0
	F	1,4	3,1	2,2 ± 0,4
	M	2,4	6,0	3,8 ± 0,7
CMO Braço Direito	T	95,6	343,8	200,9 ± 49,4
	F	95,6	202,6	155,6 ± 24,7
	M	167,9	343,8	225,5 ± 41,5
MG Membros Inferiores	T	1,9	10,8	4,9 ± 1,7
	F	2,7	10,8	6,3 ± 1,7
	M	1,9	6,8	4,1 ± 1,2
MIG Membros Inferiores	T	5,8	16,0	10,2 ± 2,4
	F	5,8	11,0	7,8 ± 1,3
	M	7,4	16,0	11,5 ± 1,7
MIGO Membros Inferiores	T	5,5	15,2	9,6 ± 2,2
	F	5,5	10,5	7,4 ± 1,2
	M	7,0	15,2	10,9 ± 1,6
CMO Membros Inferiores	T	0,3	0,9	0,5 ± 0,1
	F	0,3	0,6	0,4 ± 0,1
	M	0,4	0,9	0,6 ± 0,1

Legenda: F, Feminino; M, Masculino; T, Amostra total; Min, Mínimo; Max, Máximo; DP, Desvio Padrão; MG, Massa Gorda; MIG, Massa Isenta de Gordura; MIGO, Massa Isenta de Gordura e Osso; CMO, Conteúdo Mineral Ósseo.

Tabela 3- Caracterização da amostra ao nível tecidual e de corpo inteiro

		Min	Max	Média ± DP
Tecido Ósseo	T	3,4	8,0	5,4 ± 1,0
	F	3,4	6,3	4,5 ± 0,7
	M	4,5	8,0	5,9 ± 0,8
Tecido Muscular	T	15,7	48,4	28,7 ± 7,5
	F	15,7	30,2	20,9 ± 3,6
	M	20,4	48,4	33,0 ± 5,3
Tecido Adiposo	T	14,1	55,8	35,1 ± 9,3
	F	27,2	55,8	39,7 ± 8,2
	M	14,1	54,5	32,6 ± 8,9
Tecido Residual	T	12,1	34,3	22,4 ± 5,0
	F	12,1	20,8	16,9 ± 2,3
	M	16,8	34,3	25,4 ± 3,2
Prega Tricipital	T	6,3	46,3	21,8 ± 9,9
	F	16,8	46,3	30,3 ± 8,1
	M	6,3	43,0	17,2 ± 7,5
Prega Crural	T	7,0	74,8	30,5 ± 17,4
	F	10,0	74,8	46,7 ± 15,6
	M	7,0	46,8	21,8 ± 10,7
Prega Geminal	T	3,5	45,0	16,3 ± 9,8
	F	10,5	45,0	25,8 ± 9,3
	M	3,5	25,3	11,2 ± 5,2
Circunferência do Braço	T	28,4	44,8	35,9 ± 3,7
	F	28,4	43,3	34,6 ± 3,4
	M	31,0	44,8	36,5 ± 3,7
Circunferência da Coxa	T	47,4	74,5	58,9 ± 5,0
	F	47,4	74,5	57,8 ± 5,9
	M	52,0	69,7	59,2 ± 4,4
Circunferência do Gêmeo	T	33,3	50,1	41,5 ± 3,1
	F	33,3	47,0	40,8 ± 3,4
	M	35,4	50,1	41,8 ± 2,9
P.A. Braço	T	21,5	37,7	29,0 ± 3,9
	F	21,5	28,7	25,1 ± 2,0
	M	26,0	37,7	31,1 ± 3,0
P.A. Coxa	T	35,4	63,1	49,1 ± 6,1
	F	35,4	53,7	43,1 ± 4,4
	M	45,7	63,1	52,3 ± 4,0
P.A. Gêmeo	T	26,4	43,8	36,3 ± 3,9
	F	26,4	40,7	32,7 ± 3,3
	M	32,8	43,8	38,3 ± 2,6

Legenda: F, Feminino; M, Masculino; T, Amostra total; Min, Mínimo; Max, Máximo; DP, Desvio Padrão; P.A., Perímetro Ajustado.

A amostra é constituída por 91 atletas na pós-carreira de ambos os géneros, sendo que a maioria dos participantes é do sexo masculino (64,8%). A faixa etária dos participantes varia entre os 22 e os 69 anos com uma média de idades de aproximadamente 43 anos ($43,2 \pm 9,5$).

Relativamente à variável peso, o sexo masculino apresenta valores médios na ordem dos 97 kg, enquanto que no sexo feminino a média ronda os 82 kg. Em todo o caso os valores de IMC médios são semelhantes para ambos os géneros.

A destacar que a média observada na variável IMC indica-nos que estamos perante um grupo que apresenta valores classificativos médios de Obesidade Grau I ($M=31,04$). Existem ainda participantes que cumpriram critério classificativo de Obesidade Grau III (mórbida) (Tabela 1).

As variáveis de MG total e regional apresentam valores mais elevados no género feminino, enquanto que são registados valores superiores nas variáveis de MIG, MIGO e CMO total e regional no género masculino (Tabela 2).

Na tabela 3 verificamos que, em média, os valores das variáveis das pregas tricipital, crural e geminal são mais elevados no género feminino do que no masculino. Na mesma tabela, observa-se uma média superior no género masculino nas variáveis dos perímetros ajustados do braço, coxa e gémio quando comparado com o género feminino.

4.2. Descrição da qualidade muscular da amostra

Assim sendo, obtivemos os seguintes resultados:

Conforme se verifica na Tabela 4, 69,2 % dos participantes apresenta qualidade muscular do braço direito normal e 30,8% uma qualidade muscular fraca ou muito fraca.

Nesta mesma tabela vemos que existe uma maior percentagem de mulheres com qualidade muscular normal (81,3%) relativamente à percentagem de homens que se enquadram na mesma categoria (62,7%). No entanto, também é superior em termos percentuais a prevalência de QM muito fraca no género feminino (9,4%) quando comparado com o género masculino (5,1%).

Tabela 4- Critério de qualidade muscular discriminado

QM Braço Direito						
	F	%	M	%	T	%
Normal	26	81,2	37	62,7	63	69,2
Fraca	3	9,4	19	32,2	22	24,2
Muito Fraca	3	9,4	3	5,1	6	6,6

Legenda: QM: Qualidade Muscular; F: Feminino; M: Masculino; T: amostra total

4.3. Associação entre a composição corporal dos níveis molecular, tecidual e de corpo inteiro com a força

Estudou-se a associação entre a composição corporal dos níveis moleculares, tecidulares e de corpo inteiro com os testes de força aplicados, tanto para o sexo feminino como para o masculino, tendo-se verificado diversas correlações significativas entre estas variáveis.

Numa primeira fase estudou-se a associação simples entre as variáveis de componente molecular e a força exercida da preensão manual e dos membros inferiores (Tabela 5).

As variáveis de MIG e MIGO total e regional apresentam correlações estatisticamente significativas positivas em ambos os testes de força tanto no sexo feminino como no sexo masculino. O mesmo não acontece com a MG total e regional, uma vez que não apresentam qualquer tipo de relação com a força. O sexo masculino apresenta correlações positivas muito fortes com as variáveis de CMO total e regional tanto na força dos membros superiores, como nos membros inferiores.

De seguida, correlacionamos as variáveis tecidulares e de corpo inteiro com a força de preensão manual e a força média dos membros inferiores (Tabela 6).

Observaram-se correlações estatisticamente significativas positivas em ambos os géneros e ambos os testes de força nas variáveis de tecido muscular, circunferência da coxa e perímetro ajustado da coxa. Apenas no género masculino verificou-se uma associação positiva muito forte entre as variáveis de tecido ósseo,

tecido residual, circunferência do braço e perímetro ajustado do braço com ambos os testes de força. Apenas no teste de força de preensão manual as variáveis de circunferência do gêmeo e perímetro ajustado do gêmeo apresentam uma forte correlação positiva.

Adicionalmente foi efetuado um estudo de correlações entre os mesmos métodos, no entanto esta análise foi controlada para as variáveis de confundimento idade e IMC (Tabelas 7 e 8).

Assim sendo na Tabela 7 apresentamos as correlações parciais ajustadas à Idade e IMC entre os métodos de componente molecular e a força. As variáveis de MIG e MIGO total e regional continuam a apresentar correlação estatisticamente significativa positiva com a força de preensão manual, no entanto perdeu significância com o teste de força dos membros inferiores. O género masculino continua a apresentar uma correlação muito forte positiva entre as variáveis de CMO total e regional e ambos os testes de força. Ao ajustar os dados para a idade e IMC as variáveis de MG total e do braço direito passaram a correlacionar-se negativamente com a força dos membros inferiores.

Na Tabela 8 apresentamos as correlações parciais ajustadas à Idade e IMC entre os métodos tecidulares e de corpo inteiro e a força. O tecido adiposo passou a apresentar uma correlação negativa muito forte com a força dos membros inferiores. Nesta tabela “curiosamente” também passamos a verificar correlações negativas fortes entre a prega geminal e a força de preensão manual e, da variável de perímetro ajustado do braço com o teste de força dos membros inferiores.

Tabela 5- Correlação entre os métodos de componente molecular com a Força

	Correlação entre os métodos de componente molecular com a Força							
	Feminino				Masculino			
	HandGrip Direito		Média Membros Inferiores		HandGrip Direito		Média Membros Inferiores	
	R	p	R	p	R	p	R	p
MG Total	,356 *	,046	,207	,256	,044	,741	-,055	,677
MIG Total	,592 **	,000	,392 *	,027	,537 **	,000	,418 **	,001
MIGO Total	,600 **	,000	,393 *	,026	,530 **	,000	,410 **	,001
CMO Total	,186	,308	,202	,269	,517 **	,000	,430 **	,001
MIGO Apendicular	,654 **	,000	,433 *	,013	,502 **	,000	,395 **	,002
MG Braço Direito	,296	,100	,061	,742	,096	,467	,031	,816
MIG Braço Direito	,691 **	,000	,496 **	,004	,570 **	,000	,493 **	,000
MIGO (kg) Braço Direito	,695 **	,000	,493 **	,004	,564 **	,000	,488 **	,000
CMO Braço Direito	,421 *	,016	,384 *	,030	,560 **	,000	,485 **	,000
MG Membros Inferiores	,304	,091	,276	,126	,165	,211	,032	,811
MIG Membros Inferiores	,601 **	,000	,375 *	,034	,459 **	,000	,330 *	,011
MIGO Membros Inferiores	,602 **	,000	,370 *	,037	,455 **	,000	,321 *	,013
CMO Membros Inferiores	,356 *	,045	,309	,085	,410 **	,001	,382 **	,003

* p <0,05; ** p <0,01

Legenda: MG: Massa Gorda; MIG: Massa Isenta Gordura; MIGO: Massa Isenta Gordura e Osso; CMO: Conteúdo Mineral Ósseo.

Tabela 6- Correlação entre os métodos tecidulares e de corpo inteiro com a Força

Correlação entre os métodos tecidulares e de corpo inteiro com a Força								
	Feminino				Masculino			
	HandGrip Direito		Média Membros Inferiores		HandGrip Direito		Média Membros Inferiores	
	R	p	R	p	R	p	R	p
	Método Tecidular							
Tecido Ósseo	,186	,308	,202	,269	,517 **	,000	,430 **	,001
Tecido Muscular	,654 **	,000	,433 **	,013	,502 **	,000	,395 **	,002
Tecido Adiposo	,356 *	,046	,207	,256	,044	,741	-,055	,677
Tecido Residual	,360 *	,043	,201	,269	,566 **	,000	,388 **	,002
	Método de Corpo Inteiro							
Prega Tricipital	,337	,059	,386 *	,029	,186	,157	,109	,411
Prega Crural	,168	,358	,179	,327	,134	,313	,059	,655
Prega Geminal	,076	,678	,171	,350	-,017	,901	,090	,497
Circunferência do Braço	,421 *	,017	,214	,240	,450 **	,000	,365 **	,005
Circunferência da Coxa	,417 *	,018	,459 **	,008	,408 **	,001	,309 *	,017
Circunferência do Gêmeo	,431 *	,014	,289	,108	,283 *	,030	,153	,246
P.A. Braço	,300	,095	-,127	,490	,406 **	,001	,362 **	,005
P.A. Coxa	,368 *	,038	,412 *	,019	,336 **	,009	,289 *	,026
P.A. Gêmeo	,374 *	,035	,146	,426	,328 *	,011	,116	,382

* p <0,05; ** p <0,01

Legenda: P.A: Perímetro Ajustado.

Tabela 7-Correlação parcial ajustada à Idade e IMC entre os Métodos de Componente Molecular com a Força

	Correlação parcial ajustada à Idade e IMC entre os Métodos de Componente Molecular com a Força							
	Feminino				Masculino			
	HandGrip Direito		Média Membros Inferiores		HandGrip Direito		Média Membros Inferiores	
	R	p	R	p	R	p	R	p
MG Total	,165	,383	-,263	,161	-,182	,176	-,383 **	,003
MIG Total	,569 **	,001	,257	,171	,520 **	,000	,363 **	,006
MIGO Total	,586 **	,001	,260	,166	,519 **	,000	,359 **	,006
CMO Total	,107	,574	,110	,562	,403 **	,002	,334 *	,011
MIGO Apendicular	,668 **	,000	,248	,187	,437 **	,001	,314 *	,017
MG Braço Direito	,066	,728	-,478 **	,007	-,058	,670	-,168	,212
MIG Braço Direito	,678 **	,000	,459 *	,011	,510 **	,000	,432 **	,001
MIGO (kg) Braço Direito	,687 **	,000	,462 *	,010	,503 **	,000	,426 **	,001
CMO Braço Direito	,323	,082	,258	,169	,463 **	,000	,398 **	,002
MG Membros Inferiores	,003	,989	-,273	,145	-,025	,853	-,195	,146
MIG Membros Inferiores	,566 **	,001	,123	,516	,386 **	,003	,236	,078
MIGO Membros Inferiores	,575 **	,001	,117	,537	,387 **	,003	,228	,088
CMO Membros Inferiores	,252	,179	,149	,431	,298 *	,024	,294 *	,026

* p <0,05; ** p <0,01

Legenda: MG: Massa Gorda; MIG: Massa Isenta Gordura; MIGO: Massa Isenta Gordura e Osso; CMO: Conteúdo Mineral Ósseo.

Tabela 8-Correlação parcial ajustada à Idade e IMC entre os Métodos Tecidulares e de Corpo Inteiro com a Força

Correlação parcial ajustada à Idade e IMC entre os Métodos Tecidulares e de Corpo Inteiro com a Força								
	Feminino				Masculino			
	HandGrip Direito		Média Membros Inferiores		HandGrip Direito		Média Membros Inferiores	
	R	p	R	p	R	p	R	p
Método Tecidular								
Tecido Ósseo	,107	,574	,110	,562	,403 **	,002	,334 *	,011
Tecido Muscular	,668 **	,000	,248	,187	,437 **	,001	,314 *	,017
Tecido Adiposo	,165	,383	-,263	,161	-,182	,176	-,383 **	,003
Tecido Residual	,368 *	,045	,248	,186	,569 **	,000	,341 **	,009
Método de Corpo Inteiro								
Prega Tricipital	,124	,514	,141	,457	,032	,815	-,039	,774
Prega Crural	-,124	,513	-,259	,166	-,029	,830	-,095	,480
Prega Geminal	-,179	,344	-,151	,427	-,286 *	,031	-,099	,465
Circunferência do Braço	,293	,115	-,235	,211	,489 **	,000	,347 **	,008
Circunferência da Coxa	,190	,314	,069	,719	,320 *	,015	,180	,180
Circunferência do Gêmeo	,271	,147	-,101	,597	,254	,057	,049	,718
P.A. Braço	,196	,298	-,385 *	,035	,405 **	,002	,339 *	,010
P.A. Coxa	,250	,182	,292	,118	,243	,068	,201	,134
P.A. Gêmeo	,316	,089	,051	,788	,363 **	,006	,092	,495

* p<0,05; ** p <0,01

Legenda: P.A: Perímetro Ajustado

5. Discussão

Os principais resultados deste trabalho indicam que apesar da maioria dos atletas na pós-carreira que atualmente apresentam excesso de peso/obesidade e são inativos, apresentaram uma qualidade muscular normal, no entanto, verifica-se que 31% apresentam uma qualidade muscular fraca ou muito fraca nos membros superiores.

Adicionalmente, verificamos que a composição corporal ao nível molecular, tecidual e corpo inteiro apresentam uma forte associação com a força muscular dos membros superiores e membros inferiores mesmo após ajustamento para a idade e IMC.

Até à data, não existem estudos realizados com amostras semelhantes à desta investigação. Desta forma, a discussão dos resultados incidirá sobre investigações em populações diferentes, nomeadamente em adultos e idosos saudáveis.

Vários estudos indicam que o excesso de peso produz um significativo efeito negativo na qualidade de vida dos participantes (Hopman et al., 2007) revelando pior funcionamento físico, saúde física e dor corporal (Doll et al., 2000; Han et al., 1998).

A quantidade e qualidade muscular apresentada por um indivíduo obeso podem ser determinantes na maneira como o organismo lida com esses desafios.

Alguns autores defendem até que a qualidade da musculatura pode ser mais importante que a quantidade do músculo (Fukumoto et al., 2012).

Dessa forma a QM parece ter um importante papel na associação com testes funcionais e testes de força muscular. Assim sendo, avaliamos a QM dos nossos participantes tendo concluído que 30,8% dos participantes apresenta uma qualidade muscular do braço direito fraca ou muito fraca.

Sabendo que baixos índices de qualidade muscular indicam o estado inicial de incapacidade e possibilidade de doenças clínicas (Rantanen et al., 1999), os resultados obtidos na tabela 2 podem demonstrar considerável percentagem de indivíduos sob risco aumentado de perderem as suas capacidades para as tarefas do dia-a-dia.

Como já referido anteriormente, a força muscular é considerada um preditor muito forte de incapacidade muscular (Rantanen et al., 1999). O teste de força preensão manual pode ser usado para prever antecipadamente o risco de perda de capacidades de cada indivíduo. Uma vez que tanto a força de preensão manual como a de prensa de pernas refletem valores de teste semelhantes (Seébastien Barbat-Artigas, Dupontgand, Fex, Karelis, & Aubertin-Leheudre, 2011) e importantes para caraterizar a força muscular, estudos que usam este tipo de variáveis poderão optar pela escolha de um ou outro (Bohannon, Magasi, Bubela, Wang, & Gershon, 2012).

Também no nosso estudo percebemos que, ao associar o CMO e a força muscular, os valores são diferentes entre sexos. Outro aspecto relevante, embora não muito claro, é que as associações entre CMO e composição corporal e/ou força muscular sofrem influência de fatores como género (Ribom et al., 2004).

O facto de no nosso estudo o CMO não ter dado correlações nas mulheres pode ter a ver com o facto de os homens à partida apresentarem um maior CMO, uma vez que estudos referem que o sexo masculino alcança um pico de massa óssea maior de 25% que o sexo feminino (Riggs, Khosla, & Melton III, 2002). Além disso como se verificaram associações de indivíduos com maior força muscular e maior massa magra, podem possuir maior CMO (Evans, Prior, Arngrimsson, Modlesky, & Cureton, 2001).

A força tem assim uma associação positiva com o CMO, tal como foi verificado em outros estudos (He et al., 2016), mas apenas nos homens, tendo essa relação perdido a significância após ajustada para a idade e IMC.

A literatura sugere que quando mais massa muscular também maior será a atividade de osteoclastos e osteoblastos e portanto remodelação óssea. O que sustenta os nossos resultados de associação positiva entre o conteúdo mineral ósseo e a força muscular (Robling et al., 2016).

A literatura evidencia que existe uma relação entre a adiposidade e fraca força muscular, atuando estas sinergicamente no risco aumentado de desenvolvimento diversos problemas ao nível de saúde. Também nosso estudo, encontramos uma associação entre as variáveis de tecido adiposo e força muscular, no entanto, a MIG e MIGO mostraram-se mais significativas na predição de força muscular. (Stenholm et al., 2008).

Na literatura não encontramos informação que justifique as associações verificadas entre os membros superiores e inferiores. De qualquer forma existem estudos que referem que o treino da força de pernas potencia indiretamente a força do Handgrip, o que nos sugere que de alguma forma estes grupos musculares possam ter alguma relação. Mais estudos serão necessários para tentar esclarecer de alguma forma estes resultados obtidos.(Bartolomei, Hoffman, Stout, & Merni, 2018; Yaginuma et al., 2017).

Limitações do estudo

Devem ser referidas algumas limitações nesta dissertação. Dada a natureza observacional do desenho do estudo, as associações observadas não podem ser estabelecidas de forma causal.

Também é relevante sublinhar que apenas um terço da amostra era constituída por mulheres, o que pode ter afetado a potência com que as associações exploradas foram estabelecidas.

Em virtude da particularidade da amostra que foi utilizada, os resultados desta dissertação podem não ser generalizados a outras populações de grupos etários.

6. Conclusão

Um resultado relevante deste estudo foi a observação de que 31% desta amostra de atletas na pós-carreira com excesso de peso/obesidade e inativos já apresentavam uma qualidade muscular dos membros superiores fraca ou muito fraca. Valores mais altos de MIG e MIGO total e regional mas também do tecido muscular e perímetros do braço e gêmeo estão relacionados com valores mais altos de força muscular dos membros superiores e membros inferiores.

A maioria destas conclusões é estendida a ambos os sexos. Assim, é importante avaliar e acompanhar esta população, intervindo na promoção de um estilo de vida ativo de forma a melhorar a sua aptidão muscular e valores de composição corporal, garantindo a manutenção da qualidade muscular e, conseqüentemente, a capacidade funcional nas atividades da vida diária.

7. Bibliografia

- Anderson, J. W., Pi-Sunyer, F. X., Danforth, E., Dujovne, C. A., Greenway, F., Hill, J. O., . . . Smith, D. K. (1998). Clinical trial design for obesity agents: a workshop report. *Obes Res*, 6(4), 311-315.
- Barbat-Artigas, S., Dupontgand, S., Fex, A., Karelis, A. D., & Aubertin-Leheudre, M. (2011). Relationship between dynapenia and cardiorespiratory functions in healthy postmenopausal women: novel clinical criteria. *Menopause*, 18(4), 400-405.
- Barbat-Artigas, S., Rolland, Y., Zamboni, M., & Aubertin-Leheudre, M. (2012). How to assess functional status: a new muscle quality index. *J Nutr Health Aging*, 16(1), 67-77.
- Bartolomei, S., Hoffman, J. R., Stout, J. R., & Merni, F. (2018). Effect of Lower-Body Resistance Training on Upper-Body Strength Adaptation in Trained Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(1), 13-18.
- Batista, C., & Soares, J. M. (2013). Are former elite athletes more protected against metabolic syndrome? *J Cardiol*, 61(6), 440-445. doi: 10.1016/j.jjcc.2013.01.011
- Baumgartner, R. N. (1996). Electrical impedance and total body electrical conductivity. *Human Body Composition. Champaign IL: Human Kinetics*, 79-107.
- Baumgartner, R. N., Chumlea, W. C., & Roche, A. F. (1988). Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr*, 48(1), 16-23.
- Baumgartner, R. N., Chumlea, W. C., & Roche, A. F. (1990). Bioelectric impedance for body composition. *Exerc Sport Sci Rev*, 18, 193-224.
- Baumgartner, R. N., Ross, R., & Heymsfield, S. B. (1998). Does adipose tissue influence bioelectric impedance in obese men and women? *J Appl Physiol* (1985), 84(1), 257-262. doi: 10.1152/jappl.1998.84.1.257
- Behnke, A. R. (1942). Physiologic Studies Pertaining to Deep Sea Diving and Aviation, Especially in Relation to the Fat Content and Composition of the Body: The Harvey Lecture, March 19, 1942. *Bull N Y Acad Med*, 18(9), 561-585.
- Berghofer, A., Pischon, T., Reinhold, T., Apovian, C. M., Sharma, A. M., & Willich, S. N. (2008). Obesity prevalence from a European perspective: a systematic review. *BMC Public Health*, 8, 200. doi: 10.1186/1471-2458-8-200
- Bohannon, R. W., Magasi, S. R., Bubela, D. J., Wang, Y. C., & Gershon, R. C. (2012). Grip and knee extension muscle strength reflect a common construct among adults. *Muscle Nerve*, 46(4), 555-558. doi: 10.1002/mus.23350
- Chaturvedi, N. (2007). The burden of diabetes and its complications: trends and implications for intervention. *Diabetes Res Clin Pract*, 76 Suppl 1, S3-12. doi: 10.1016/j.diabres.2007.01.019
- Cherry, S. R., Sorenson, J. A., & Phelps, M. E. (2003). Internal radiation dosimetry. *Physics in nuclear medicine. 3rd ed. Philadelphia: Saunders*, 405-425.
- Cook, J. R., Drummond, M., Glick, H., & Heyse, J. F. (2003). Assessing the appropriateness of combining economic data from multinational clinical trials. *Stat Med*, 22(12), 1955-1976. doi: 10.1002/sim.1389
- Dietz, W. H., & Robinson, T. N. (2005). Clinical practice. Overweight children and adolescents. *N Engl J Med*, 352(20), 2100-2109. doi: 10.1056/NEJMc043052

- Doll, H. A., Petersen, S. E., & Stewart-Brown, S. L. (2000). Obesity and physical and emotional well-being: associations between body mass index, chronic illness, and the physical and mental components of the SF-36 questionnaire. *Obes Res*, 8(2), 160-170. doi: 10.1038/oby.2000.17
- Elfhag, K., & Rossner, S. (2005). Who succeeds in maintaining weight loss? A conceptual review of factors associated with weight loss maintenance and weight regain. *Obes Rev*, 6(1), 67-85. doi: 10.1111/j.1467-789X.2005.00170.x
- Emami, M., Behforouz, A., Jarahi, L., Zarifian, A., Rashidlamir, A., Rashed, M. M., . . . Nematy, M. (2018). The Risk of Developing Obesity, Insulin Resistance, and Metabolic Syndrome in Former Power-sports Athletes - Does Sports Career Termination Increase the Risk. *Indian J Endocrinol Metab*, 22(4), 515-519. doi: 10.4103/ijem.IJEM_83_18
- Esco, M. R., Olson, M. S., & Williford, H. (2008). Relationship of push-ups and sit-ups tests to selected anthropometric variables and performance results: a multiple regression study. *J Strength Cond Res*, 22(6), 1862-1868. doi: 10.1519/JSC.0b013e318181fd03
- Evans, E. M., Prior, B. M., Arngrimsson, S. A., Modlesky, C. M., & Cureton, K. J. (2001). Relation of bone mineral density and content to mineral content and density of the fat-free mass. *J Appl Physiol* (1985), 91(5), 2166-2172.
- Felix, H. C., & West, D. S. (2013). Effectiveness of weight loss interventions for obese older adults. *Am J Health Promot*, 27(3), 191-199. doi: 10.4278/ajhp.110617-LIT-259
- Flegal, K. M. (2005). Epidemiologic aspects of overweight and obesity in the United States. *Physiol Behav*, 86(5), 599-602. doi: 10.1016/j.physbeh.2005.08.050
- Fontaine, K. R., Redden, D. T., Wang, C., Westfall, A. O., & Allison, D. B. (2003). Years of life lost due to obesity. *JAMA*, 289(2), 187-193. doi: 10.1001/jama.289.2.187
- Fosbol, M. O., & Zerahn, B. (2015). Contemporary methods of body composition measurement. *Clin Physiol Funct Imaging*, 35(2), 81-97. doi: 10.1111/cpf.12152
- Fragoso, M. I., & Vieira, F. (2000a). *Morfologia e crescimento*.
- Fragoso, M. I., & Vieira, F. (2000b). *Morfologia e crescimento: curso prático*.
- Fukumoto, Y., Ikezoe, T., Tateuchi, H., Tsukagoshi, R., Akiyama, H., So, K., . . . Ichihashi, N. (2012). Muscle mass and composition of the hip, thigh and abdominal muscles in women with and without hip osteoarthritis. *Ultrasound Med Biol*, 38(9), 1540-1545. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2012.04.016
- Gallagher, D., Heymsfield, S. B., Heo, M., Jebb, S. A., Murgatroyd, P. R., & Sakamoto, Y. (2000). Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr*, 72(3), 694-701. doi: 10.1093/ajcn/72.3.694
- Gregg, E. W., Cheng, Y. J., Cadwell, B. L., Imperatore, G., Williams, D. E., Flegal, K. M., . . . Williamson, D. F. (2005). Secular trends in cardiovascular disease risk factors according to body mass index in US adults. *JAMA*, 293(15), 1868-1874. doi: 10.1001/jama.293.15.1868
- Gurevich-Panigrahi, T., Panigrahi, S., Wiechec, E., & Los, M. (2009). Obesity: pathophysiology and clinical management. *Curr Med Chem*, 16(4), 506-521.
- Han, T. S., Tijhuis, M. A., Lean, M. E., & Seidell, J. C. (1998). Quality of life in relation to overweight and body fat distribution. *Am J Public Health*, 88(12), 1814-1820. doi: 10.2105/ajph.88.12.1814

- He, H., Liu, Y., Tian, Q., Papasian, C., Hu, T., & Deng, H.-W. (2016). Relationship of sarcopenia and body composition with osteoporosis. *Osteoporosis International*, 27(2), 473-482.
- Heymsfield, S. B., Pietrobelli, A., Wang, Z., & Saris, W. H. (2005). The end of body composition methodology research? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 8(6), 591-594.
- Heyward, V. H., & Stolarczyk, L. M. (2000). *Avaliação da composição corporal aplicada*.
- Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assessment*. Human Kinetics.
- Hill, J. O. (2005). Obesity treatment: does one size fit all? *Am J Clin Nutr*, 81(6), 1253-1254. doi: 10.1093/ajcn/81.6.1253
- Hoffer, E. C., Meador, C. K., & Simpson, D. C. (1969). Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol*, 27(4), 531-534. doi: 10.1152/jappl.1969.27.4.531
- Holowko, J., Michalczyk, M. M., Zajac, A., Czerwinska-Rogowska, M., Ryterska, K., Banaszczak, M., . . . Stachowska, E. (2019). Six Weeks of Calorie Restriction Improves Body Composition and Lipid Profile in Obese and Overweight Former Athletes. *Nutrients*, 11(7). doi: 10.3390/nu11071461
- Hopman, W. M., Berger, C., Joseph, L., Barr, S. I., Gao, Y., Prior, J. C., . . . CaMos Research, G. (2007). The association between body mass index and health-related quality of life: data from CaMos, a stratified population study. *Qual Life Res*, 16(10), 1595-1603. doi: 10.1007/s11136-007-9273-6
- Hulens, M., Vansant, G., Lysens, R., Claessens, A. L., Muls, E., & Brumagne, S. (2001). Study of differences in peripheral muscle strength of lean versus obese women: an allometric approach. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 25(5), 676-681. doi: 10.1038/sj.ijo.0801560
- Hull, H., He, Q., Thornton, J., Javed, F., Allen, L., Wang, J., . . . Gallagher, D. (2009). iDXA, Prodigy, and DPXL dual-energy X-ray absorptiometry whole-body scans: a cross-calibration study. *J Clin Densitom*, 12(1), 95-102. doi: 10.1016/j.jocd.2008.09.004
- Johnson, M. J., Kriedl, K. E., Frykman, P. N., & Moore, R. J. (1994). Loss of muscle mass is poorly reflected in grip strength performance in healthy young men: ARMY RESEARCH INST OF ENVIRONMENTAL MEDICINE NATICK MA.
- Kanehisa, H., Ikegawa, S., & Fukunaga, T. (1998). Body composition and cross-sectional areas of limb lean tissues in Olympic weight lifters. *Scand J Med Sci Sports*, 8(5 Pt 1), 271-278.
- Kim, J., Cho, H. C., Jung, H. S., & Yoon, J. D. (2011). Influence of performance level on anaerobic power and body composition in elite male judoists. *J Strength Cond Res*, 25(5), 1346-1354. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d6d97c
- King, N. A., Caudwell, P., Hopkins, M., Byrne, N. M., Colley, R., Hills, A. P., . . . Blundell, J. E. (2007). Metabolic and behavioral compensatory responses to exercise interventions: barriers to weight loss. *Obesity (Silver Spring)*, 15(6), 1373-1383. doi: 10.1038/oby.2007.164
- Klein, S., Burke, L. E., Bray, G. A., Blair, S., Allison, D. B., Pi-Sunyer, X., . . . Metabolism. (2004). Clinical implications of obesity with specific focus on cardiovascular disease: a statement for professionals from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism: endorsed

- by the American College of Cardiology Foundation. *Circulation*, 110(18), 2952-2967. doi: 10.1161/01.CIR.0000145546.97738.1E
- Klem, M. L., Wing, R. R., McGuire, M. T., Seagle, H. M., & Hill, J. O. (1997). A descriptive study of individuals successful at long-term maintenance of substantial weight loss. *Am J Clin Nutr*, 66(2), 239-246. doi: 10.1093/ajcn/66.2.239
- Kohrt, W. M. (1995). Body composition by DXA: tried and true? *Med Sci Sports Exerc*, 27(10), 1349-1353.
- Kopelman, P. G. (2000). Obesity as a medical problem. *Nature*, 404(6778), 635-643. doi: 10.1038/35007508
- Kral, J. G. (1985). Morbid obesity and related health risks. *Ann Intern Med*, 103(6 (Pt 2)), 1043-1047. doi: 10.7326/0003-4819-103-6-1043
- Kushner, R. F. (1992). Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am Coll Nutr*, 11(2), 199-209.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, J. M., . . . Composition of the, E. W. G. (2004). Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*, 23(5), 1226-1243. doi: 10.1016/j.clnu.2004.06.004
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Manuel Gomez, J., . . . Espen. (2004). Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr*, 23(6), 1430-1453. doi: 10.1016/j.clnu.2004.09.012
- Lancet. (2016). Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 19.2 million participants. *Lancet*, 387(10026), 1377-1396. doi: 10.1016/S0140-6736(16)30054-X
- Lee, R. C., Wang, Z., Heo, M., Ross, R., Janssen, I., & Heymsfield, S. B. (2000). Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr*, 72(3), 796-803.
- Lew, E. A. (1985). Mortality and weight: insured lives and the American Cancer Society studies. *Ann Intern Med*, 103(6 (Pt 2)), 1024-1029. doi: 10.7326/0003-4819-103-6-1024
- Lukaski, H. C. (1993). Soft tissue composition and bone mineral status: evaluation by dual-energy X-ray absorptiometry. *J Nutr*, 123(2 Suppl), 438-443.
- Ma, C., Avenell, A., Bolland, M., Hudson, J., Stewart, F., Robertson, C., . . . MacLennan, G. (2017). Effects of weight loss interventions for adults who are obese on mortality, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 359, j4849. doi: 10.1136/bmj.j4849
- Maciejewska, D., Michalczyk, M., Czerwinska-Rogowska, M., Banaszczyk, M., Ryterska, K., Jakubczyk, K., . . . Stachowska, E. (2017). Seeking Optimal Nutrition for Healthy Body Mass Reduction among Former Athletes. *J Hum Kinet*, 60, 63-75. doi: 10.1515/hukin-2017-0090
- Malouf, J., DiGregorio, S., Del Rio, L., Torres, F., Marin, A. M., Farrerons, J., . . . Domingo, P. (2013). Fat tissue measurements by dual-energy x-ray absorptiometry: cross-calibration of 3 different fan-beam instruments. *J Clin Densitom*, 16(2), 212-222. doi: 10.1016/j.jocd.2012.04.003
- Mameli, C., Krakauer, J. C., Krakauer, N. Y., Bosetti, A., Ferrari, C. M., Schneider, L., . . . Zuccotti, G. V. (2017). Effects of a multidisciplinary weight loss intervention in

- overweight and obese children and adolescents: 11 years of experience. *PLoS One*, 12(7), e0181095. doi: 10.1371/journal.pone.0181095
- Mazess, R. B., & Barden, H. S. (2000). Evaluation of differences between fan-beam and pencil-beam densitometers. *Calcif Tissue Int*, 67(4), 291-296.
- Mazess, R. B., Peppler, W. W., & Gibbons, M. (1984). Total body composition by dual-photon (153Gd) absorptiometry. *Am J Clin Nutr*, 40(4), 834-839. doi: 10.1093/ajcn/40.4.834
- Mitsuhashi, T., Yamada, C., Iida, A., Hiratsuka, N., Inabe, F., Araida, N., . . . Takahashi, E. (2011). Long-term detraining increases the risk of metabolic syndrome in Japanese men. *Tokai J Exp Clin Med*, 36(4), 95-99.
- NHLBI. (1998). Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults--The Evidence Report. National Institutes of Health. *Obes Res*, 6 Suppl 2, 51S-209S.
- O'Kane, J. W., Teitz, C. C., Fontana, S. M., & Lind, B. K. (2002). Prevalence of obesity in adult population of former college rowers. *J Am Board Fam Pract*, 15(6), 451-456.
- Oliveira, L. P., Assis, A. M., Silva Mda, C., Santana, M. L., Santos, N. S., Pinheiro, S. M., . . . Souza Cde, O. (2009). [Factors associated with overweight and abdominal fat in adults in Salvador, Bahia State, Brazil]. *Cad Saude Publica*, 25(3), 570-582.
- Ortega, F. B., Silventoinen, K., Tynelius, P., & Rasmussen, F. (2012). Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants. *BMJ*, 345, e7279. doi: 10.1136/bmj.e7279
- Padez, C., Fernandes, T., Mourao, I., Moreira, P., & Rosado, V. (2004). Prevalence of overweight and obesity in 7-9-year-old Portuguese children: trends in body mass index from 1970-2002. *Am J Hum Biol*, 16(6), 670-678. doi: 10.1002/ajhb.20080
- Pietrobelli, A., Formica, C., Wang, Z., & Heymsfield, S. B. (1996). Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *Am J Physiol*, 271(6 Pt 1), E941-951. doi: 10.1152/ajpendo.1996.271.6.E941
- Pihl, E., & Jurimae, T. (2001). Relationships between body weight change and cardiovascular disease risk factors in male former athletes. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 25(7), 1057-1062. doi: 10.1038/sj.ijo.0801642
- Plank, L. D. (2005). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 8(3), 305-309.
- Rantanen, T., Guralnik, J. M., Foley, D., Masaki, K., Leveille, S., Curb, J. D., & White, L. (1999). Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA*, 281(6), 558-560. doi: 10.1001/jama.281.6.558
- Ribom, E., Ljunggren, Ö., Piehl-Aulin, K., Ljunghall, S., Bratteby, L. E., Samuelson, G., & Mallmin, H. (2004). Muscle strength correlates with total body bone mineral density in young women but not in men. *Scand J Med Sci Sports*, 14(1), 24-29.
- Riggs, B. L., Khosla, S., & Melton III, L. J. (2002). Sex steroids and the construction and conservation of the adult skeleton. *Endocrine reviews*, 23(3), 279-302.
- Rippe, J. M., Price, J. M., Hess, S. A., Kline, G., DeMers, K. A., Damitz, S., . . . Freedson, P. (1998). Improved psychological well-being, quality of life, and health practices in moderately overweight women participating in a 12-week structured weight loss program. *Obes Res*, 6(3), 208-218.

- Robling, A. G., Kang, K. S., Bullock, W. A., Foster, W. H., Muruges, D., Loots, G. G., & Genetos, D. C. (2016). Sost, independent of the non-coding enhancer ECR5, is required for bone mechanoadaptation. *Bone*, 92, 180-188. doi: 10.1016/j.bone.2016.09.001
- Rush, E. C., Bristow, S., Plank, L. D., & Rowan, J. (2013). Bioimpedance prediction of fat-free mass from dual-energy X-ray absorptiometry in a multi-ethnic group of 2-year-old children. *Eur J Clin Nutr*, 67(2), 214-217. doi: 10.1038/ejcn.2012.182
- Saarni, S. E., Rissanen, A., Sarna, S., Koskenvuo, M., & Kaprio, J. (2006). Weight cycling of athletes and subsequent weight gain in middleage. *Int J Obes (Lond)*, 30(11), 1639-1644. doi: 10.1038/sj.ijo.0803325
- Santos, D. A., Silva, A. M., Matias, C. N., Fields, D. A., Heymsfield, S. B., & Sardinha, L. B. (2010). Accuracy of DXA in estimating body composition changes in elite athletes using a four compartment model as the reference method. *Nutr Metab (Lond)*, 7, 22. doi: 10.1186/1743-7075-7-22
- Sardinha, L., & Teixeira, P. (2005). Measuring adiposity and fat distribution in relation to health. *Human body composition. 2nd ed. United States of America: Human Kinetics*, 177-201.
- Sardinha, L. B., Santos, D. A., Silva, A. M., Coelho-e-Silva, M. J., Raimundo, A. M., Moreira, H., . . . Mota, J. (2012). Prevalence of overweight, obesity, and abdominal obesity in a representative sample of Portuguese adults. *PLoS One*, 7(10), e47883. doi: 10.1371/journal.pone.0047883
- Schaap, L. A., Koster, A., & Visser, M. (2013). Adiposity, muscle mass, and muscle strength in relation to functional decline in older persons. *Epidemiol Rev*, 35, 51-65. doi: 10.1093/epirev/mxs006
- Shen, W., St-Onge, M., Wang, Z., & Heymsfield, S. (2005). Study of body composition: an overview. *Human body composition*, 2, 3-14.
- Siri, W. E. (1993). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition*, 9(5), 480-491; discussion 480, 492.
- Soriano, J. M., Ioannidou, E., Wang, J., Thornton, J. C., Horlick, M. N., Gallagher, D., . . . Pierson, R. N. (2004). Pencil-beam vs fan-beam dual-energy X-ray absorptiometry comparisons across four systems: body composition and bone mineral. *J Clin Densitom*, 7(3), 281-289.
- Stein, C. J., & Colditz, G. A. (2004). The epidemic of obesity. *J Clin Endocrinol Metab*, 89(6), 2522-2525. doi: 10.1210/jc.2004-0288
- Stenholm, S., Harris, T. B., Rantanen, T., Visser, M., Kritchevsky, S. B., & Ferrucci, L. (2008). Sarcopenic obesity-definition, etiology and consequences. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 11(6), 693.
- Stubbs, R. J., Hughes, D. A., Johnstone, A. M., Horgan, G. W., King, N., & Blundell, J. E. (2004). A decrease in physical activity affects appetite, energy, and nutrient balance in lean men feeding ad libitum. *Am J Clin Nutr*, 79(1), 62-69. doi: 10.1093/ajcn/79.1.62
- Sullivan, P. W., Ghushchyan, V., Wyatt, H. R., Wu, E. Q., & Hill, J. O. (2007). Impact of cardiometabolic risk factor clusters on health-related quality of life in the U.S. *Obesity (Silver Spring)*, 15(2), 511-521. doi: 10.1038/oby.2007.580
- Tomeleri, C. M., Cavalcante, E. F., Antunes, M., Nabuco, H. C. G., de Souza, M. F., Teixeira, D. C., . . . Cyrino, E. S. (2017). Phase Angle Is Moderately Associated With Muscle Quality and Functional Capacity, Independent of Age and Body

- Composition in Older Women. *J Geriatr Phys Ther*. doi: 10.1519/JPT.0000000000000161
- Toombs, R. J., Ducher, G., Shepherd, J. A., & De Souza, M. J. (2012). The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. *Obesity (Silver Spring)*, 20(1), 30-39. doi: 10.1038/oby.2011.211
- Utter, A. C., & Hager, M. E. (2008). Evaluation of ultrasound in assessing body composition of high school wrestlers. *Med Sci Sports Exerc*, 40(5), 943-949. doi: 10.1249/MSS.0b013e318163f29e
- Vaara, J. P., Kyrolainen, H., Niemi, J., Ohrankammen, O., Hakkinen, A., Kocay, S., & Hakkinen, K. (2012). Associations of maximal strength and muscular endurance test scores with cardiorespiratory fitness and body composition. *J Strength Cond Res*, 26(8), 2078-2086. doi: 10.1519/JSC.0b013e31823b06ff
- Vardar, S. A., Tezel, S., Öztürk, L., & Kaya, O. (2007). The relationship between body composition and anaerobic performance of elite young wrestlers. *Journal of sports science & medicine*, 6(CSSI-2), 34.
- Wang, Z. M., Pierson, R. N., Jr., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr*, 56(1), 19-28. doi: 10.1093/ajcn/56.1.19
- WHO. (1998). Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation on obesity, Geneva, 3-5 June 1997: Geneva: World Health Organization.
- WHO. (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic*: World Health Organization.
- WHO. (2003). Health and development through physical activity and sport: Geneva: World Health Organization.
- WHO. (2016). *World health statistics 2016: monitoring health for the SDGs sustainable development goals*: World Health Organization.
- Williams, J. E., Wells, J. C., Wilson, C. M., Haroun, D., Lucas, A., & Fewtrell, M. S. (2006). Evaluation of Lunar Prodigy dual-energy X-ray absorptiometry for assessing body composition in healthy persons and patients by comparison with the criterion 4-component model. *Am J Clin Nutr*, 83(5), 1047-1054. doi: 10.1093/ajcn/83.5.1047
- Wing, R. R., & Hill, J. O. (2001). Successful weight loss maintenance. *Annu Rev Nutr*, 21, 323-341. doi: 10.1146/annurev.nutr.21.1.323
- Winwood, P. W., Keogh, J. W., & Harris, N. K. (2012). Interrelationships between strength, anthropometrics, and strongman performance in novice strongman athletes. *J Strength Cond Res*, 26(2), 513-522. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220db1a
- Withers, R. T., LaForgia, J., Pillans, R. K., Shipp, N. J., Chatterton, B. E., Schultz, C. G., & Leaney, F. (1998). Comparisons of two-, three-, and four-compartment models of body composition analysis in men and women. *J Appl Physiol (1985)*, 85(1), 238-245. doi: 10.1152/jappl.1998.85.1.238
- Wyatt, S. B., Winters, K. P., & Dubbert, P. M. (2006). Overweight and obesity: prevalence, consequences, and causes of a growing public health problem. *Am J Med Sci*, 331(4), 166-174.

- Yaginuma, Y., Abe, T., Thiebaud, R. S., Kitamura, T., Kawanishi, M., & Fukunaga, T. (2017). Can handgrip strength improve following body mass-based lower body exercise? *BioResearch open access*, 6(1), 19-27.
- Yanovski, S. Z., Hubbard, V. S., Heymsfield, S. B., & Lukaski, H. C. (1996). Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National institutes of health technology assessment conference statement. *Am J Clin Nutr*, 64(3), 524S-532S.
- Zaccagni, L., Onisto, N., & Gualdi-Russo, E. (2009). Biological characteristics and ageing in former elite volleyball players. *J Sci Med Sport*, 12(6), 667-672. doi: 10.1016/j.jsams.2008.06.006
- Zhou, B. (2016). Worldwide trends in diabetes since 1980: a pooled analysis of 751 population-based studies with 4· 4 million participants. *The Lancet*, 387(10027), 1513-1530.